PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 20. 15. Oktober 1911. Redaktionsschluß für No. 21 am 14. Oktober 1911. 12. Jahrgang.

INHALT:

Originalmitteilungen:

A. Righi, Vom Einfluß des Magnetfeldes auf die Stromstärke in verdünnter Luft. S. 833.

A. Righi, Zwei neue Versuche über magnetische Strahlen. S. 835.

H. v. Wartenberg, Zur Kenntnis der kristallinen Flüssigkeiten. S. 837.

R. Seeliger, Über Gasionisation durch Kanalstrahlen. S. 839.

O. M. Corbino, Das experimentelle Studium des Hallphänomens und die Elektronentheorie der Metalle. S. 842.

F. Streintz u. A. Wellik, Über den Widerstand zwischen Metall und Kristall an ebenen Grenzflächen. S. 845.

G. Nordström, Zur Relativitätsmechanik deformierbarer Körper. S. 854.

G. Berndt, Bestimmung des Ionengehaltes auf dem Atlantischen Ozean. S. 857.

C. Benedicks, Anordnung zum Vorführen des Foucaultschen Pendelversuches im Hörsaal. S. 865.

E. Waetzmann, Demonstration von Wasserwellen. S. 866.

L. W. Austin, Der Gleichrichterdetektor mit Schleifkontakt. S. 867.

L. W. Austin, Quantitative Versuche über drahtlose Telegraphie auf lange Strecken. S. 868.

U. Meyer, Über einen möglichen Unterschied zwischen Emissions- und Absorptionsspektren. S. 869.

N. Campbell, Bemerkungen zu der Arbeit des Herrn Hauser: Die Selbstaufladung von Polonium. S. 870.

Personalien. S. 871.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1911/12. S. 871.

Gesuche. S. 888.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Vom Einfluß des Magnetfeldes auf die Stromstärke in verdünnter Luft.

(Dell'influenza del campo magnetico sull' intensità di corrente nell' aria rarefatta.)

Von Augusto Righi.

Einer der Gründe zugunsten der Ansicht, daß die Kathodenstrahlen im Magnetfelde (die seitens verschiedener Autoren als „Kathodenstrahlen zweiter Art" oder auch als „Magnetokathodenstrahlen", von mir als „magnetische Strahlen" bezeichnet werden) eine Struktur haben, die von jener einfachen und nur durch das Feld deformierten Kathodenstrahlen verschieden ist, liegt in der unvermittelten Art, in welcher bei allmählicher Steigerung der Feldstärke die charakteristischen Eigentümlichkeiten der gedachten neuen Strahlen häufig auftreten. Einen weiteren analogen Grund gewinnt man aus der Tatsache, die ich im Verlaufe meiner Versuche über die magnetischen Strahlen[1]) entdeckt habe, nämlich aus dem — je nach den Umständen allmählichen oder plötzlichen — Verschwinden dieser Strahlen, wenn die Feldstärke einen gewissen anderen, im allgemeinen recht hohen Wert erreicht hat.

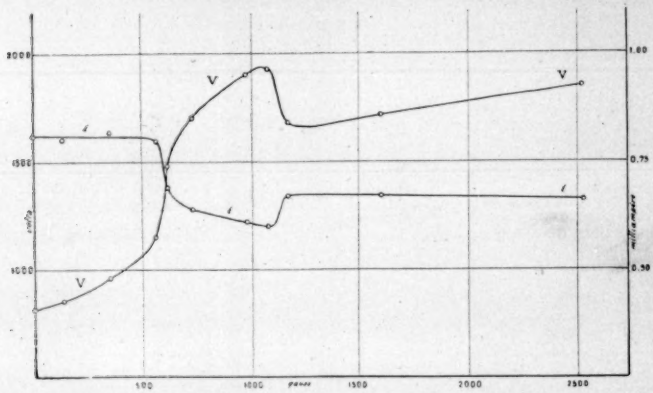
Das Auftreten und das Verschwinden der magnetischen Strahlen sind nun Erscheinungen, die mit gewissen Veränderungen der Potentialdifferenz zwischen den beiden Elektroden verbunden sind. Ich habe nämlich an einer meiner Entladungsröhren für magnetische Strahlen untersucht, wie sich diese Potentialdifferenz ändert, wenn man rings um die Röhre ein Magnetfeld von wachsender Stärke erregt. Dabei konnte ich denn feststellen[1]), daß die Umwandlung der Kathodenstrahlen in magnetische Strahlen von einer merklichen Zunahme dieser Potentialdifferenz begleitet wird, während man den entgegengesetzten Effekt, nämlich eine Verminderung, feststellt, wenn es gelingt, durch hinreichende Erhöhung der Feldstärke die magnetischen Strahlen zum Verschwinden zu bringen.

Durch die Versuche, über die ich hier in großen Zügen berichte, wollte ich prüfen, ob sich die Stromstärke in der Röhre unter der Einwirkung des Feldes veränderte. Insbesondere wollte ich untersuchen, ob diese Stromstärke, wie es mir wahrscheinlich erschien, entsprechend den beiden kritischen Werten des Magnetfeldes — nämlich dem Werte, bei dem die magnetischen Strahlen erscheinen und jenem, bei dem sie verschwinden — irgendwelche merkliche Änderungen erfährt.

Zu diesem Zwecke habe ich einige meiner Röhren benutzt, bei denen die Anode in einer seitlichen Abzweigung sitzt, besonders die Röhre, die mir zu den in meiner letztgenannten Arbeit besprochenen Versuchen[2]) gedient hat. Während ich, wie früher, ihre Elektroden mit einem Thomsonschen elektrostatischen Voltmeter verbunden hatte, habe ich dieses Mal in den Stromkreis, der die Röhre, die aus 2000 kleinen Sammlern bestehende Batterie und die großen Flüssigkeitswiderstände enthält, ein Galvanometer mit festem Felde und mit einem Rheostaten zur

1) Mem. R. Acc. Bologna, 17. Jan. 1909.

1) Lincei Rend. (5) **18**, 555, 1909.
2) Lincei Rend. (5) **18**, 557, 1909.



passenden Veränderung der Empfindlichkeit im Nebenschluß eingeschaltet.

Streng genommen zeigt der Ausschlag des Galvanometers einen Mittelwert der Stromstärke an. Wie ich dargetan habe[1]), ist nämlich unter der Einwirkung des Feldes der Stromdurchgang in verdünnter Luft kein kontinuierlicher Vorgang, sondern sicherlich intermittierend, oder zum mindesten pulsierend, selbst wenn man ihn bei Abwesenheit dieses Feldes als kontinuierlich annehmen will. Die Stromstärke i, die ich gemessen habe, ist somit die Stärke eines kontinuierlichen und konstanten Stromes, der imstande ist, den beobachteten Ausschlag hervorzubringen. Eine ähnliche Betrachtung kann man übrigens hinsichtlich des Wertes V der Potentialdifferenz zwischen den Elektroden anstellen.

Ich bemerke noch, daß wie fast bei allen meinen Versuchen über die magnetischen Strahlen, auch bei den hier mitgeteilten das Feld durch eine Spule erzeugt wird, deren Achse mit jener des Hauptkörpers der Entladungsröhre zusammenfällt, und daß die Kathode sehr nahe an einer der Polflächen der Spule liegt.

Die Stärke M des Magnetfeldes ist, wie gewöhnlich, in 15 mm Abstand von der Spule und auf deren Achse gemessen, also nahezu an der Stelle, welche die Kathode einnimmt.

Von den verschiedenen Messungsreihen, die ich angestellt habe, führe ich hier die folgenden drei an, die sich untereinander nur durch die verschiedene Größe des in den Stromkreis eingeschalteten Flüssigkeitswiderstandes und somit durch den verschiedenen Wert der Stromstärke unterscheiden. Die Kathode war eine kleine Scheibe von 7 mm Durchmesser, und der Druck der Luft in der Röhre betrug 0,4 mm. Im übrigen ist die Feldstärke M in Gauß, die Stromstärke i in Milliampere und die Potentialdifferenz V zwischen den Elektroden in Volt ausgedrückt.

M	i	V	M	i	V	M	i	V
0	0,026	830	0	0,29	780	0	0,81	810
81	26	830	129	29	800	129	80	850
121	24	1040	258	26	1370	350	82	960
608	16	1980	608	20	2180	565	80	1150
982	15	2200	982	20	2120	618	69	1480
1613	17	1900	1097	20	2080	730	64	1700
2243	20	1800	1174	30	1700	982	61	1900
—	—	—	1613	25	1650	1078	60	1930
—	—	—	2530	25	1680	1173	67	1680
—	—	—	—	—	—	1613	67	1715
—	—	—	—	—	—	2530	66	1850

Bei näherer Betrachtung dieser Tabelle bemerkt man sogleich, daß die Stromstärke zunächst eine Verminderung und später dann eine Zunahme erfährt, wenn man die Magnetfeldstärke schrittweise wachsen läßt. Das geht klar aus der beigefügten Figur hervor.

In dieser Figur ist unter Benutzung der Zahlen der letzten Versuchsreihe die mit $ii\ldots$ bezeichnete Kurve gezeichnet, die zu Abszissen die Werte M der Feldstärke und zu Ordinaten die zugehörigen Werte von i hat. Beobachtet man weiter die mit $VV\ldots$ bezeichnete Kurve, die zu Abszissen ebenfalls die Werte von M und zu Ordinaten die Werte von V hat, so erkennt man, daß die mehr oder minder plötzlichen Änderungen von i merklich bei denselben Werten der Feldstärke liegen, wie die in entgegengesetztem Sinne verlaufenden Änderungen

1) Mem. R. Acc. Bologna, 17. Mai 1908, S. 271.

von V, denen das Erscheinen und das Verschwinden der magnetischen Strahlen entspricht. Man kann also sagen, daß diese Strahlen nur dann existieren, wenn das Feld einen Wert hat, der zwischen denen liegt, die ich als „kritische Werte" bezeichnet habe, und die den erhöhten Zug der Kurve VV ... und den erniedrigten der Kurve ii ... begrenzen.

Diese Versuche stützen also, ebenso wie die früheren, bei denen ich mich auf die Messung von V beschränkt habe, die von mir vertretene und zu Beginn dieser Veröffentlichung dargelegte Ansicht.

(Nach Lincei Rend. (5) **20**, 167—170, 1911 aus dem Italienischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 18. September 1911.)

Zwei neue Versuche über magnetische Strahlen.

(Due nuove esperienze sui raggi magnetici.)

Von Augusto Righi.

1. Der bekannte von J. J. Thomson angegebene Versuch mit dem Lichtringe, der sich in einer Kugel mit verdünnter Luft bildet, wenn Entladungen durch einen Draht hindurchgehen, der die Kugel so umgibt, daß er eine flache Spule von wenigen, gut isolierten Windungen bildet, dieser Versuch bietet interessante Eigentümlichkeiten, die einer besonderen Untersuchung wert sein dürften, wenn man ihn in einem Magnetfelde anstellt. Abgesehen von den merkwürdigen Deformationen, welche das Leuchten in der Kugel zeigt, wenn das Magnetfeld nicht senkrecht zur Ebene des Ringes gerichtet ist, habe ich nachstehende Erscheinungen beobachtet, wenn diese Bedingung erfüllt ist.

Je nach dem Grade der Luftverdünnung in der Kugel, der Stärke der Entladungen und der Feldstärke verbreitert sich der Ring merklich in der Richtung senkrecht zu seiner Ebene oder verdoppelt sich. Überdies nähert er sich im ganzen ein wenig der felderregenden Spule oder entfernt sich von ihr. Diese Verschiebung kehrt sich um, wenn man entweder die Feldrichtung oder die Ladungen des Kondensators umkehrt, von dem die Entladungen ausgehen. Ich habe jedoch immer gesehen, daß die Verschiebung des Ringes deutlicher ist, wenn er sich in dem Augenblicke, wo das Magnetfeld erregt wird, der Spule nähert, als im umgekehrten Falle. Weiter habe ich festgestellt, daß die scheinbare Anziehung des Ringes seitens der Spule dann stattfindet, wenn die Entladung in dem Drahte, der die Kugel umgibt, so gerichtet ist, daß sie von der Spule abgestoßen wird, was übrigens vorauszusehen war. Schließlich will ich noch erwähnen, daß der Ring, wenn man die magnetische Feldstärke sehr steigert, zunächst blasser wird und dann schließlich verlischt.

Die Erscheinung aber, um deren Beschreibung es uns hauptsächlich zu tun ist, besteht in dem — oft unvermittelten — Auftreten einer neuen Leuchterscheinung, die weniger intensiv ist als der Ring und die Merkmale jener Erscheinung aufweist, welche die magnetischen Strahlen (oder Magnetokathodenstrahlen) ausmacht. Man beobachtet sie besser, wenn die von den Entladungen durchflossenen Drähte eine ebene Spule AB (siehe Fig. 1) bilden, deren innerer Raum einen kleineren Durchmesser hat als die Kugel P. Die Kugel steht dann

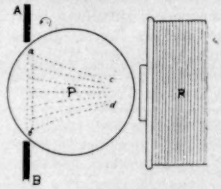


Fig. 1.

zwischen diesen Windungen AB und der Spule R, die das Magnetfeld erregt. Was die Induktionsentladungen anlangt, so erzeugt man sie bequem in der Weise, daß man die Enden der Windungen AB mit den äußeren Belegungen zweier in Reihe geschalteten Kondensatoren verbindet (beispielsweise mit denen der beiden Leidener Flaschen, mit denen im allgemeinen jede Influenzmaschine ausgerüstet ist) und Funken von passender Länge zwischen den mit den inneren Belegungen verbundenen Knöpfen übergehen läßt.

Ohne Feld, oder bei schwachem Magnetfelde, bildet sich im Innern der Kugel der gewohnte Lichtring ab; erhöht man aber schrittweise die Stärke des Magnetisierungsstromes in der großen Spule R, so sieht man eine Leuchterscheinung $abcd$ auftreten. Diese bildet eine Art Hohlkegelstumpf, der von dem Ringe ausgeht und sich weiter und weiter gegen den Pol der Spule hin erstreckt. Das Licht ist auf diesem Kegel im allgemeinen nicht gleichmäßig verteilt, erstreckt sich auch längs der einzelnen Erzeugenden nicht gleichweit, so daß das Licht am Ende cd gleichsam ausgefranst und nicht kreisförmig begrenzt ist. Streng genommen hat indessen diese Lichtröhre nicht sowohl genau Kugelgestalt, als vielmehr die Gestalt eines Trompetenschalltrichters, und sie scheint eine

Kraftröhre des von der Spule erzeugten Magnetfeldes zu bilden. Es ist jedoch zu bemerken, daß bei sehr starkem Felde die Öffnung cd sich verengt, und dann wird die Trichterform etwas spitzer.

Wahrscheinlich dienen zur Bildung dieses Strahlenbündels, das ich nicht anstehe, als aus magnetischen Strahlen bestehend anzusehen, die Elektronen, die durch Ionisierung längs der ringförmigen Entladung ab frei geworden sind. Wir haben somit einen ganz ähnlichen Fall wie bei den magnetischen Strahlen, die ich bei anderer Gelegenheit aus den Kanalstrahlen habe erhalten können.

Diesen letztgenannten Versuch werde ich bald Gelegenheit haben, zu erwähnen.

2. Der zweite von den Versuchen, die ich in der vorliegenden Mitteilung beschreiben will, wurde mit der in Fig. 2 abgebildeten Entladungsröhre ausgeführt. Ehe ich jedoch zu dieser Schilderung übergehe, erachte ich es der

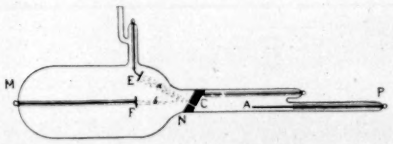


Fig. 2.

Deutlichkeit wegen für nützlich, die Ergebnisse anzuführen, die ich erhielt, wenn ich das Magnetfeld auf die Kanalstrahlen wirken ließ[1]). Der Bequemlichkeit halber beziehe ich mich ebenfalls auf die Fig. 2.

Die Entladungsröhre, welche diese Figur darstellt, besteht aus einem weiten Teile MN und einem verjüngten Teile NP, beide Teile sind zylindrisch und koaxial. Der Teil NP hat einen solchen äußeren Durchmesser, daß er ganz in die im Kern der zur Erregung des Magnetfeldes bestimmten Spule angebrachte Bohrung eingeführt werden kann. Er enthält auch die beliebig geformte Anode A und die ebene, geneigt angeordnete Kathode C, in der eine senkrecht zu ihren Flächen gerichtete enge Öffnung angebracht ist. Damit die Kathode sich am Rande gut an die Röhrenwandung anschließt, wurde sie in der Weise hergestellt, daß zwei parallele schräge Schnitte durch einen Aluminiumzylinder gemacht wurden, dessen Durchmesser gleich dem inneren Durchmesser der Röhre NP war.

Wenn man die Röhre mittels einer Batterie von 2600 Sammlern — unter Zwischenschaltung eines großen Flüssigkeitswiderstandes zur Vermeidung allzu starker Ströme — oder auch mittels einer Influenzmaschine erregt, so sieht man, wie sich bei passender Verdünnung der Luft das Kanalstrahlenbündel a bildet, dessen Ausgangspunkt die kleine Öffnung in der Kathode ist. Wenn man dann den Strom in die Spule schickt, welche die Röhre NP enthält, so sieht man, wie sich ein zweites Strahlenbündel b bildet, das sich merklich nach den Linien magnetischer Kraft krümmt, wenn man der Röhre seitlich einen weiteren Magnetpol nähert. Dieses Bündel magnetischer Strahlen b wird somit aus dem Kanalstrahlenbündel erhalten.

Wenn nun die Kathode C senkrecht zur Röhrenachse steht, so scheint sich das Kanalstrahlenbündel, das in diesem Falle längs der Achse gerichtet ist, bei Erregung des Magnetfeldes nicht zu verändern. Fängt man es aber in einem Faradaykäfig auf, so erkennt man, daß die positive Ladung, die es mitführt, immer kleiner und kleiner wird, wenn man die Stärke des Magnetfeldes erhöht.

Unter der Annahme der von mir aufgestellten Hypothese, nach welcher die Magnetokathodenstrahlen oder magnetischen Strahlen, nicht einfach durch das Feld deformierte Kathodenstrahlen sind, sondern den Doppelsternen analoge neutrale Systeme enthalten, die durch die magnetische Kraft weniger unbeständig gemacht worden sind und aus negativen Elektronen im Verein mit positiven Ionen bestehen, unter der Annahme dieser Hypothese habe ich diese Tatsachen unschwer vorausgesehen und erklärt. So erklärt sich beispielsweise die zuletzt erwähnte Tatsache dadurch, daß bei Vorhandensein eines Magnetfeldes eine gewisse Anzahl positiver Ionen, der Hauptbestandteile der Kanalstrahlen, nachdem sie zur Bildung dieser Doppelsterne beigetragen haben, in den Faradaykäfig hinein oder auf diesen zu negative Elektronen transportieren, die ohne sie nicht dorthin gelangen würden.

Der Versuch, den ich nunmehr beschreiben will, ist bestimmt, diese Erklärung zu bekräftigen. Er erfordert die Anwendung zweier Metallplatten, E, F, an welche die beiden Strahlenbündel a und b die von ihnen mitgeführten Ladungen abgeben.

Die angenommene Hypothese läßt voraussagen, daß die Platte F, auf die vorwiegend neutrale Doppelsterne oder die Elektronen und Ionen, die solche gebildet haben, einzeln gelangen, keine Ladung erhalten darf, und daß die Platte E eine um so kleinere positive Ladung empfängt, je stärker das Magnetfeld ist, und zwar aus dem Grunde, weil diese Doppel-

1) Mem. R. Acc. Bologna, 17. Jan. 1909, S. 96.

sterne sich aus positiven Ionen bilden, die dem Strahlenbündel a entzogen werden.

Um diesen Versuch auszuführen, habe ich die Kathode C beständig in unmittelbarer Verbindung mit dem Erdboden gehalten, und dabei bald die Platte E, bald die Platte F durch den Draht eines Galvanometers hindurch geerdet, dessen Empfindlichkeit ein Widerstandskasten im Nebenschluß nach Bedarf zu regulieren gestattet. Der Strom zwischen den Elektroden A und C kann von einer Influenzmaschine geliefert werden, da er nur geringe Intensität besitzen soll. Wenn man bei Verwendung der Sammler einen zu starken Strom anwendet, wird der Versuch weniger deutlich, weil das Kanalstrahlenbündel diffus wird und sich dann nicht nur die Platte E, sondern auch die Platte F positiv lädt. Das sind die Ergebnisse, die ich erhalten habe.

Wenn man das Galvanometer zwischen F und der Erde einschaltet, so erhält man weder ohne noch mit Magnetfeld einen Ausschlag, oder man erhält einen sehr kleinen Ausschlag, der sich bei Erregung des Feldes nicht merklich verändert.

Wenn man dagegen das Galvanometer mit der Platte E verbindet, so erhält man einen Ausschlag, der ein Zuströmen positiver Elektrizität zu eben dieser Platte im Innern der Röhre anzeigt, und dieser Ausschlag nimmt mehr und mehr ab, wenn man das Magnetfeld erregt und dessen Stärke dann wachsen läßt. Ich teile hier die Ergebnisse zweier Messungsreihen mit, die ich mit einer Stromstärke von ungefähr $^1/_3$ Milliampere in der Röhre ausgeführt habe. Die Werte für das Magnetfeld verstehen sich, wie gewöhnlich, in 15 mm Abstand von der näher an N belegenen Polfläche der Spule gemessen.

Druck = 0,028 mm		Druck = 0,056 mm	
Feldstärke in Gauß	Ausschlag in Mikroampere	Feldstärke in Gauß	Ausschlag in Mikroampere
0	0,25	0	0,50
192	0,24	240	0,48
701	0,22	1173	0,47
1070	0,21	1563	0,45
1613	0,19	1613	0,44
2530	0,15	2530	0,43

Wie man sieht, werden die theoretischen Voraussagen durch diese Versuche bestätigt.

Man könnte vielleicht annehmen, daß die Verminderung der positiven Ladung, die das Bündel a mitführt, von einer Veränderung herrührt, die das Feld an dem Entladungsvorgange zwischen den Elektroden A und C hervorbringt. Aber die beiden folgenden Betrachtungen genügen, um diesen Zweifel recht wenig begründet erscheinen zu lassen: Erstens ist das Magnetfeld an der Stelle, welche die Röhre NP einnimmt, wenn nicht null, so doch wenigstens sicherlich zu vernachlässigen, besonders wenn die Feldstärke außerhalb des Spulenkernes gering ist (wie in den Fällen, wo die Feldstärke 192 oder 240 Gauß betrug); zweitens zeigt ein zwischen die Anode A und die Stromquelle eingeschaltetes Galvanometer keinerlei merkliche Änderung der Stromstärke an, wenn das Magnetfeld erregt wird.

1) a. a. O., S. 98.

(Nach Lincei Rendic. (5) **20**, 163—167, 1911, aus dem Italienischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 18. September 1911.)

Zur Kenntnis der kristallinen Flüssigkeiten[1]).

Von H. v. Wartenberg.

Nach Bose hat man sich die trüben kristallinen Flüssigkeiten so vorzustellen, daß die ihnen nach Vorländer eigentümlichen langgestreckten Moleküle sich nicht alle in vollkommener Unordnung durcheinander bewegen, sondern eine Tendenz haben, sich parallel zu legen. Durch die entgegengerichtete Kraft der Wärmebewegung wird aber eine völlige Ordnung verhindert und es bilden sich nur Schwärme von etwa 0,01 mm Größenordnung[2]), deren Komponenten in fortwährendem Austausch begriffen sind, und durch deren unregelmäßige Lagerung die Trübung des Lichtes verursacht wird. Eine Parallelrichtung vieler solcher Schwärme, die Bildung eines makroskopischen Schwarmes, der also in der Richtung der Molekülachsen klar durchsichtig sein muß, kann nach den Experimenten[3]) Herrn O. Lehmanns durch zwei Einwirkungen erreicht werden: 1. durch mechanischen Schub in sehr dünner Schicht zwischen Objektglas und -träger; die Achsen stellen sich senkrecht zur Schubrichtung, das Präparat verhält sich in Durchsicht wie ein einachsiger Kristall, zeigt also im konvergenten Licht zwischen gekreuzten Nicols das Achsenkreuz mit Ringen; 2. durch ein magnetisches Feld[4]). Dies letztere vermag, wie weiter

1) Mitteilung aus dem Physikalisch-chemischen Institut der Universität Berlin.

2) E. Bose, diese Zeitschr. **12**, 61, 1911.

3) Zu erklären sind diese Versuche natürlich auch nach den Lehmannschen Auffassungen, nur daß diese in einem von ihm selbst betonten Widerspruch zu Fundamentalsätzen der Physik und Chemie stehen, so daß die Bosesche Erklärung vorzuziehen ist.

4) O. Lehmann, Ann. d. Phys. **2**, 676, 1900.

E. Bose[1]) gezeigt hat, auch dicke Schichten beim Durchblicken in der Kraftlinienrichtung, in welche sich die Moleküle mit einer ihrer Achsen einstellen, aufzuhellen. Wie Nernst[2]) jedoch betont hat, muß weiter gezeigt werden, daß mit dieser Aufhellung auch eine Doppelbrechung genau wie bei 1. verbunden ist, und hierfür soll die nachfolgende Notiz den Nachweis bringen.

Zu den Versuchen diente ein Halbringelektromagnet mit abgestutzten, durchbohrten Polschuhen in 2 cm Abstand, zwischen denen ein mit einer Wismutspirale gemessenes Feld von 7200 Gauß erregt werden konnte. Die handelsreinen Präparate, *p*-Azoxyanisol resp. *p*-Azoxyphenetol, wurden in flachgedrückten Reagenzgläsern erwärmt, in Schichtdicken von 1,8 resp. 2,5 mm.

1. Beobachtung in Richtung der Kraftlinien.

a) Konvergentes Licht. Das Licht einer Bogenlampe passierte eine Mattglasplatte, ein großes Nicol, einen Kondensor und durchlief dann die durchbohrten Magnetschenkel. In den Polschuhlöchern saßen gegenübergestellt zwei schwache Mikroskopobjekte (etwa Zeiß *B* entsprechend). Das vom zweiten Objektiv erzeugte Bild wurde ohne Lupe durch ein drehbares Nicol betrachtet, das am anderen Ende der Durchbohrung des zweiten Magnetschenkels saß. Zwischen den Polen stand zur Aufnahme der Präparatengläser ein 1 cm weiter Leyboldscher Trog voll Paraffinöl, der mit einer U-förmig gebogenen Konstantandrahtspirale elektrisch erwärmt werden konnte. Die Temperatur war ungleichförmig, oben etwa 10^0 höher als unten, was den Vorteil bot, daß durch passende Variation des Heizstromes eine obere klarflüssige und untere trübflüssige Schicht erzeugt und gerade die Grenze oder die eine oder die andere Schicht in das Gesichtsfeld gebracht werden konnte.

Hielt sich die Temperatur zwischen dem Schmelz- und Klärungspunkt, so bewirkte das Einschalten des Magnetfeldes zunächst eklatante Aufhellung des Gesichtsfeldes und es erschien das Kreuz mit Ringen zwischen gekreuzten Nicols. Beim *p*-Azoxyanisol waren etwa 4—5 Ringe sichtbar, beim p-Azoxyphenetol waren sie zu eng, um sie zu zählen, wie überhaupt die Erscheinung wegen der tieferen Farbe undeutlicher war. Beim *p*-Azoxyanisol ergab Einschaltung einer $^1/_4$-Undulationsglimmerplatte deutlich positiven Charakter der Doppelbrechung. Die Erscheinung war gleich scharf dicht über dem Schmelzpunkt bis dicht unter den Klärungspunkt, bei dessen Erreichen das Kreuz verschwand. Die Wärmebewegung wurde dann so stark, daß auch die magnetischen Richtkräfte die Moleküle nicht mehr parallel richten konnten. Hält man durch Regulierung des Temperaturgefälles die Grenze trüb—klar gerade in der Mitte des Gesichtsfeldes, so läßt sich eine Verschiebung dieser Grenze beim Erregen des Magnetfeldes nicht konstatieren. Der Klärungspunkt wird also nicht merklich in seiner Abhängigkeit von der Temperatur durch Magnetisieren verschoben. Dieses Resultat läßt sich auch theoretisch bestätigen, wenn man sich nach Nernst[1]) die Stabilität der verschiedenen Zustände durch ihre Dampfdruckkurven erläutert denkt. Unterhalb des Klärungspunktes hat die partiell geordnete, trübe Phase die größere Wahrscheinlichkeit für sich, d. h. der Dampfdruck derselben ist kleiner als der der klaren, ungeordneten Schicht, wenn diese so weit unterkühlt wird. Bei Temperaturen oberhalb des Klärungspunktes liegen die Verhältnisse umgekehrt und beim Klärungspunkt schneiden sich die Kurven. Stellt man sich nun unterhalb des Klärungspunktes zwischen zwei Gefäßen mit z. B. *p*-Azoxyanisol, deren eines in einem Magnetfelde steht, einen Kreisprozeß durchgeführt, indem man Substanz aus einem ins andre überdestilliert, so wird offenbar, wenn eine Differenz der Dampfdrucke besteht, dieselbe auf Kosten der magnetischen Energie besteht. Die Differenz der beiden Energien in beiden Fällen

$$RT \ln \frac{p_1}{p_2}$$

wird gleich der magnetischen Energie sein. Ein analoger Fall, nämlich die Differenz der elektromotorischen Kräfte von Elementen $Fe/FeSO_4, CuSO_4/Cu$ außerhalb und innerhalb eines Feldes ist von Duhem[2]) behandelt worden. Er gewinnt für diese Differenz die Formel:

$$E - E_1 = -\frac{\lambda I^2}{2 \delta \varkappa},$$

wo λ das elektrochemische Äquivalent des Eisens, δ das spez. Gew. desselben, I das auf die Volumeinheit bezogene magnetische Moment und $\varkappa$ die Suszeptibilität ist. Der Beeinflussung der Lösungstension des Eisens durch das Magnetfeld entspricht nun im vorliegenden Falle die der Dampfdrucke des Azoxyanisols. Führt man anstatt λ das Molekulargewicht M ein und bedenkt, daß

1) E. Bose, diese Zeitschr. **10**, 230, 1909; **12**, 60, 1911.
2) W. Nernst, Ztschr. f. Elektrochem. **16**, 702, 1910.

1) Nernst, Ztschr. f. Elektrochem. **16**, 702, 1910.
2) Vgl. Bucherer, Wied. Ann. **58**, 567, 1896.

$$E - E_1 = A = RT \ln \frac{p_1}{p_2}$$

ist, so gewinnt man hier:

$$\ln \frac{p_1}{p_2} = -\frac{MI^2}{2 \cdot \delta \cdot \varkappa \cdot RT} = -\frac{M \cdot H^2 \cdot \varkappa}{2 \cdot \delta \cdot R \cdot T}.$$

Es ist nun im vorliegenden Falle für *p*-Azoxyanisol: $M = 258$, $\delta = 1{,}15$ für $T = 408^0$ (Klärungspunkt)[1]), $R = 8{,}32 \cdot 10^7$, $H = 7200$ und $\varkappa$ soll rund auf $\pm 10^{-6}$ geschätzt werden (auch erheblich andere Werte ändern nicht viel). Es wird demnach:

$$\log \frac{p_1}{p_2} = \mp \frac{258 \cdot 7200^2 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{2{,}3 \cdot 2 \cdot 1{,}15 \cdot 8{,}32 \cdot 10^7 \cdot 408} = \mp 7{,}5 \cdot 10^{-8}.$$

$\frac{p_1}{p_2}$ ist also nicht nennenswert von 1 verschieden, das heißt, wenn man die Temperatur der beiden Gefäße in unmittelbare Nachbarschaft des Klärungspunktes verlegt, wird der Dampfdruck des magnetisierten und damit der Klärungspunkt nicht merklich verändert, trotzdem der Dampfdruck der klaren und trüben Phase dicht beieinander liegen.

b) Paralleles Licht. Die Versuchsanordnung war dieselbe mit Weglassung sämtlicher Linsen. *p*-Azoxyanisol zeigte in dem trübflüssigen Gebiet bei Einschalten des Magnetfeldes starke Aufhellung und, da das Licht offenbar noch etwas konvergent war, Bruchteile eines Ringsystems mit weit auseinanderstehenden Ringen und einem Arm des Achsenkreuzes. Die Substanz ist also im magnetisch gerichteten Zustande sehr stark doppelbrechend. Oberhalb des Klärungspunktes trat der Faradayeffekt auf. Der Analysator mußte nach Einschalten des Feldes um 3^0 gedreht werden, um wieder völlige Dunkelheit zu erzielen, woran aber das Herausnehmen des Präparates aus dem Trog nichts änderte. Letzteres zeigt also allein keine besonders starke Magnetorotation.

2. Beobachtung senkrecht zu den Kraftlinien.

Die Substanzen wurden in kreisrunden Röhrchen von 3 mm Durchmesser in dem Paraffinbad erwärmt und das Licht der Bogenlampe nach Passieren der Mattglasplatte und des Nicols parallel zur Kraftlinienrichtung polarisiert hindurchgesandt und durch ein drehbares Analysatornicol beobachtet. Innerhalb des kristallinisch-flüssigen Zustandes war bei beiden Präparaten jetzt bei Einschalten des Feldes nicht nur keine Aufhellung, sondern im Gegenteil deutliche Verdunkelung zu erblicken, besonders, wenn bei gekreuzten Nicols beobachtet wurde, wodurch die rötliche Farbe der Präparate bei der dunklen Umgebung das Erkennen kleiner Intensitätsunterschiede erleichterte. Eine Drehung der Auslöschungsrichtung konnte nicht bemerkt werden. Diese Vermehrung der Trübung bei Beobachtung senkrecht zu den Kraftlinien ist schon von Bose[1]) als möglich erörtert worden. Standen die Polarisationsrichtungen der Nicols schief zu der Kraftlinienrichtung, so hätte man eigentlich Aufhellung bei Einschalten des Feldes erwarten müssen, da die Achsenrichtung des „Kristalls" schief zu den Polarisationsrichtungen verlief. Das Präparat war aber viel zu trübe in dieser Durchsicht, um diese Aufhellung erkennen zu lassen. Oberhalb des Klärungspunktes ergab das Einschalten des Feldes keine Veränderung.

Zusammenfassung: Es wurde gezeigt, daß sich *p*-Azoxyanisol und -phenetol im trübflüssigen Zustande im magnetischen Felde wie einachsige Kristalle verhalten und damit das von Nernst[2]) geforderte Experimentum crucis zugunsten der Boseschen Theorie geliefert. In Übereinstimmung mit theoretischen Erwägungen wird der Klärungspunkt nicht durch das Magnetfeld verschoben.

1) Schenck, Kristallinische Flüssigkeiten, Leipzig 1905, S. 49.

1) E. Bose, diese Zeitschr. **12**, 61, 1911.
2) Nernst, l. c.

(Eingegangen 2. August 1911.)

Über Gasionisation durch Kanalstrahlen.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von R. Seeliger.

Im folgenden möchte ich die Resultate einiger Versuche mitteilen, die ich über obige Frage anstellte. Es handelte sich dabei nicht um eine vollständige Untersuchung des ganzen Problems, sondern um die Ausarbeitung der Methode und um einige orientierende Messungen, die lediglich die Grundlage für eine weitere ausführliche Arbeit bilden sollen.

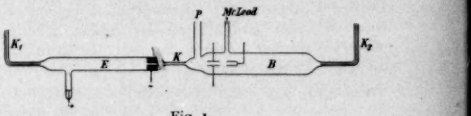


Fig. 1.

1. Die Versuchsanordnung (Fig. 1). Die Strahlen wurden erzeugt in der Entladeröhre E und gelangten durch die Kapillare K in den Beobachtungsraum B. Dort passierten sie einen

Plattenkondensator und wurden hierauf in einem Auffangzylinder mit geerdeter Schutzhülle aufgefangen. Um im Entlade- und Beobachtungsraum die Drucke beliebig variieren zu können und um konstante Versuchsbedingungen zu erhalten, konnte dauernd Gas durch die zwei Kapillaren K_1 und K_2 zugeführt werden; die Kapillaren führten zu zwei getrennten und mit Manometern versehenen großen Vorratsballons. Ein weites Rohr P führte auf möglichst direktem Wege zur Gaedepumpe. Da ich die den Raum E und B trennende Kapillare nicht zu eng gewählt hatte (innere Weite 2 mm, Länge 6 cm), um genügend intensive Strahlen in den Beobachtungsraum gelangen zu lassen, lagen die erreichbaren Druckunterschiede innerhalb ziemlich enger Grenzen; der Druck konnte im Beobachtungsraum von etwa $^2/_{100}$ mm Hg bis $^5/_{1000}$ mm Hg, im Entladeraum dementsprechend von etwa 3 mm bis 9 mm Funkenstrecke verändert werden. Es sei noch bemerkt, daß alle in den Entlade- und Beobachtungsraum mündenden Rohre mit U-Rohren versehen waren, die zur Abhaltung besonders des Quecksilberdampfes von Pumpe und Manometer während der Versuche dauernd in eine Mischung von fester Kohlensäure und Azeton tauchten; und zwar war die Anordnung so getroffen, daß sämtliche Kühlstellen in einem großen Dewargefäß untergebracht werden konnten. Besonders hatte ich darauf geachtet, daß alle Hähne hinter den Kühlstellen lagen, und daß auch die Entladung bei hoher Spannung sie nicht erreichen konnte.

Als Stromquelle diente mir teils eine zweiplattige Influenzmaschine älterer Konstruktion, teils ein mittelgroßes Induktorium. Da sich aus einigen im hiesigen Institut hergestellten Aufnahmen des Dopplereffektes gezeigt hatte, daß die Strahlen bei Verwendung eines Induktoriums nicht merklich inhomogener waren als bei Verwendung einer Influenzmaschine, konnte das in mancher Beziehung bequemere Induktorium benutzt werden. Einige Schwierigkeiten bereitete es, die Entladung während der nötigen Zeit konstant zu halten; von den verschiedenen Unterbrechern (Quecksilberturbine, Deprez-Unterbrecher, Hammerunterbrecher) erwies sich am geeignetsten der einfache Hammerunterbrecher; gebraucht man die Vorsicht, niedrige Primärspannung (6 Volt) zu benutzen und den Unterbrecher sorgfältig einzustellen, so erhält man für lange Zeit vollständig genügende Konstanz. Als sehr nützlich erwies sich das einfache Mittel, die unregelmäßigen Erschütterungen des Hammers durch ein an geeigneter Stelle auf die Hammerfeder aufgestecktes Stück Kork abzudämpfen.

2. Methode der Beobachtung. Es handelte sich darum, die von dem Strahl pro Zeit- und Wegeinheit in dem durchflogenen Gas gebildete Anzahl von Ionen zu bestimmen und zu gleicher Zeit die Anzahl der im Strahl fliegenden Teilchen zu messen. Letzteres geschah hier durch die Bestimmung der vom Strahl transportierten positiven Ladungen mit dem Auffangezylinder[1]). Seine Öffnungsweite war groß genug, um sicher alle bei der Ionisation mitwirkenden Teilchen aufzufangen; ferner war er genügend lang (3 cm) gewählt, so daß sicher alle einfliegenden Teilchen in ihm zurückgehalten wurden. Ich gab der Messung mit dem Auffangezylinder den Vorzug vor einer solchen mit der Thermosäule, da bei der Ionisation wahrscheinlich auch die langsamen, auf jene nicht mehr wirkenden Teilchen eine Rolle spielen. Da ferner nach Resultaten, die von anderer Seite im hiesigen Institut erhalten wurden, ziemlich unabhängig von der Spannung im Strahl stets ungefähr derselbe Bruchteil der fliegenden Teilchen geladen ist, kann aus den Auffängermessungen ein Rückschluß auf die Anzahl aller Teilchen überhaupt gezogen werden.

Um zu bestimmen, wieviel Ionen im Gas pro Zeiteinheit gebildet werden, ist es nötig, den Sättigungsstrom zwischen den Kondensatorplatten zu messen; eine zweite Methode, die sich in dichten Gasen anwenden läßt und die Ionendichten liefert (Bestimmung der Neigung des ersten linearen Anstiegs der Charakteristik) und die aus weiter unten zu erwähnenden Gründen manche Vorteile aufweisen würde, ist hier leider nicht brauchbar, da wir über die der Gleichung $q = \alpha n^2$ analoge Beziehung des Gleichgewichtszustandes noch nichts aussagen können, und somit außerstande sind, aus den Ionendichten die dazugehörige Ionisation q zu bestimmen. Wie vorauszusehen war, bereitete es einige Schwierigkeiten, bei den tiefen Drucken Sättigungsstrom zu erhalten. Als Beispiele seien die Charakteristiken in Fig. 2 angeführt, die keine Spur von Sättigung zeigen, sondern bei denen das Gebiet der Ionisation durch Stoß sich unmittelbar an das der unselbständigen Strömung anschließt. Daß das stetige Ansteigen der Charakteristik wirklich dem Eintritt der Stoßionisation zuzuschreiben ist, geht daraus hervor, daß bei einer Verminderung des Drucks und damit einer Vergrößerung der freien Weglänge und also einer

1) Um das Überkriechen störender Wandladungen zu vermeiden, erwies es sich als nützlich, die Zuleitungsdrähte zum Auffangzylinder und zu den Kondensatorplatten nicht direkt in gläsernen Ansatzrohren zu befestigen, sondern sie erst noch durch isolierte und sorgfältig geerdete Metallröhrchen durchzuführen.

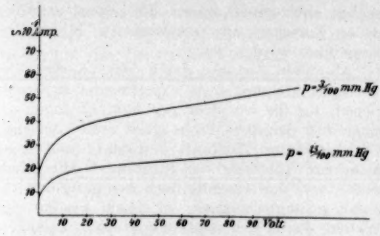


Fig. 2.

Verkleinerung der Anzahl von Zusammenstößen der Anstieg weniger steil wird. Zu bemerken ist noch, daß für die Spannung o (beide Platten geerdet) ein von o verschiedener Stromwert sich ergibt. Es rührt dies, wie aus simultanen Beobachtungen bei Umkehrung der Spannung und Vertauschung der Platten folgt, teils wahrscheinlich von einer geringen, zwischen den Platten trotz sorgfältiger Vorbehandlung bestehenden Voltapotentialdifferenz her, teils aber auch von einer durch den Strahl direkt auf die Platten transportierten nicht unbeträchtlichen Ladung. Sättigungsstrom war also nur zu erwarten, wenn man den Plattenabstand so weit verringerte, daß er kleiner wird als die mittlere freie Weglänge der gebildeten Ionen, so daß diese nur selten mit neutralen Molekülen zusammenstoßen und sie ionisieren können. Bei den endgültigen Versuchen hatten die Platten einen Abstand von 3 mm (bei einer Länge von 3 cm), und es zeigte sich, daß man in der Tat Sättigungsstrom erhält.

Allerdings war man in der Wahl der Drucke im Beobachtungsraum beschränkt, da der Druck nicht über $^1/_{100}$ mm Hg steigen durfte. Eine störende Fehlerquelle ist es, daß die Kanalstrahlen in beträchtlicher Menge und zwar in nahezu streifender Inzidenz auf die Platten fallen; es entstehen dabei jedenfalls ziemlich starke Sekundärstrahlen, die das Gas zwischen den Platten ionisieren. Doch konnte dies durch eine Blende aus Glas vermieden werden, die unmittelbar vor dem Kondensator aufgestellt war und nur einen Spalt von 1 mm Breite freiließ. Die Strahlen passierten als scharf begrenztes Bündel den Kondensator, ohne die Platten zu treffen; es zeigte sich dies auch aus folgender Beobachtung: Wurde Platte 1 geerdet, Platte 2 mit dem Galvanometer verbunden oder umgekehrt, so waren die erhaltenen (sehr kleinen) Ströme einander gleich und entgegengesetzt, d. h. eine Auffängerwirkung der Platten war nicht zu konstatieren, sondern bloß eine solche der Voltapotentialdifferenz. Eine durch die zur Erreichung des Sättigungsstromes notwendige Spannung von 20 Volt bewirkte Ablenkung der Kanalstrahlen kommt, wie eine einfache Rechnung zeigt, ebenfalls nicht störend in Betracht. Ich möchte noch bemerken, daß auch unter den oben erwähnten Umständen der Strom nicht vollständig gesättigt war; in dem Gebiet, das später zur Messung benutzt wurde (Fig. 3), betrug der Anstieg für 5 Volt

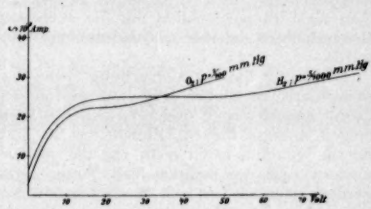


Fig. 3.

Spannungssteigerung jedoch nicht mehr als etwa 3 Proz. des Stromes selbst, so daß der Fehler jedenfalls nur sehr gering ist.

3. Resultate und Folgerungen. Es wurde, wie oben gesagt, der Sättigungsstrom S und zugleich der Auffängerstrom A gemessen. Die Messungen an je einem Beobachtungstage stimmten gut überein, dagegen zeigten sich an verschiedenen Tagen etwas größere Abweichungen (bis zu 10 Proz.). Wurde das Gas gewechselt, so ergaben sich anfangs sehr verschiedene Werte, die erst nach etwa einem Tag in die früher erhaltenen übergingen, obwohl die Bedingungen der Entladung genau dieselben waren und eine spektroskopische Prüfung der Strahlen keine fremden Linien mehr erkennen ließ. Es scheint mir nicht ausgeschlossen, daß derartige Anomalien (wie ich sie auch bei Gelegenheit anderer Messungen bemerken konnte) durch eine im Verlauf vieler Stunden vor sich gehende Veränderung der Kathodenoberfläche zu erklären sind.

a) Für Wasserstoff ergab sich bei $^1/_{100}$ Druck für S/A der Wert von ungefähr 1; da die Kondensatorplatten eine Länge von 3 cm hatten, bedeutet dies, daß ein Kanalstrahl, in dem N positive Teilchen fliegen, auf 1 cm seines Weges $\frac{N}{3}$ Ionen bildet. In Sauerstoff war der entsprechende Wert rund viermal so groß, doch beansprucht letztere Angabe eine geringere Genauigkeit, da die Entladung viel schwerer konstant zu halten war.

b) Die Anzahl der erzeugten Ionen ergab

sich in den Grenzen von $^1/_{100}$ bis $^5/_{1000}$ als proportional mit dem Druck (was jedenfalls auf eine sehr geringe Absorption der Kanalstrahlen schließen läßt).

c) Eine Abhängigkeit der Ionisation von der Geschwindigkeit, d. h. vom Entladepotential innerhalb der Grenzen von 3 mm bis 9 mm Funkenstrecke war nicht bemerkbar. Bei der hier erreichten Genauigkeit von etwa 10 Proz. ist eine geringe Abhängigkeit natürlich nicht ausgeschlossen, doch ist sie sicher geringer als etwa einer Proportionalität mit der reziproken Geschwindigkeit oder deren Quadrat entsprechen würde.

Ich hoffe, diese Untersuchung demnächst weiterführen zu können, und zwar wird es sich darum handeln, nach drei verschiedenen Richtungen weiterzuarbeiten. Einmal soll als Maß für die Strahlintensität nicht nur der positive, sondern auch der neutrale Teil herangezogen werden; dann wird es sich darum handeln, Kanalstrahlen eines Gases in einem andern wirken zu lassen, wodurch sich entscheiden lassen wird, ob die stoßenden oder die gestoßenen Teilchen maßgebend für die auftretenden Effekte sind; endlich soll die Absorption mit in den Kreis der Betrachtung gezogen werden.

Zum Schluß darf ich wohl auch hier Herrn Geh. Rat W. Wien herzlich für die reiche Anregung danken, die er mir während meines hiesigen Aufenthaltes in jeder Beziehung gegeben hat. Auch Herrn Prof. Harms schulde ich manchen guten Rat in experimenteller Hinsicht.

Würzburg, Physik. Institut, Juli 1911.

(Eingegangen 30. Juli 1911.)

Das experimentelle Studium des Hallphänomens und die Elektronentheorie der Metalle. (Lo studio sperimentale del fenomeno di Hall e la teoria elettronica dei metalli.)

Von O. M. Corbino.

1. Die Deutung der galvanomagnetischen und thermomagnetischen Erscheinungen nach der Elektronentheorie der metallischen Leitung ist ziemlich befriedigend, solange man sich auf ihre qualitative Untersuchung beschränkt. Dagegen treten beträchtliche Schwierigkeiten auf, wenn man auf Grund der quantitativen Untersuchung an der Hand der Formeln der Theorie zu den charakteristischen Grundkonstanten des Metalles gelangen will. Schon Drude hat eine derartige Ableitung versucht und die Ursache für die nicht immer befriedigenden Ergebnisse dem Umstande zugeschrieben, daß die bei der Berechnung benutzten verschiedenen Werte Versuchen entnommen waren, die seitens verschiedener Forscher an verschiedenen Materialien ausgeführt worden waren.

Als aber Zahn[1]) durch eine Reihe sehr wertvoller Messungen die experimentellen Koeffizienten für die verschiedenen Erscheinungen an einer und derselben Probe ganz reinen Metalles von bekannter Herkunft bestimmte und nunmehr zur Ableitung der Konstanten übergehen wollte, war der Ausgang noch weniger glücklich. Zahn gelangte vielmehr zu einem System von Werten, das in sich selbst sinnlos war. Beispielsweise wurden die Beweglichkeiten der Ionen von beiderlei Vorzeichen durch negative Zahlen ausgedrückt.

Trotzdem darf man die Ursache des Mißerfolges kaum den Voraussetzungen der Theorie zur Last legen. In dem System von Gleichungen, welche die experimentell meßbaren Größen mit den zu bestimmenden Konstanten verbinden, sind diese auf die verschiedenartigste Weise miteinander vermischt, und es braucht daher nur ein einziges der experimentellen Daten ungenau oder unsicher zu sein, damit dadurch der Wert der ganzen Lösung beeinträchtigt, und zwar ernstlich beeinträchtigt werde. Das ist nun leider der Fall, denn manche der Erscheinungen lassen sich sehr schwer mit der Genauigkeit feststellen und messen, die wünschenswert wäre.

Aber abgesehen von den experimentellen Schwierigkeiten, die man durch noch weitere Verfeinerung der Forschungsmethoden wird überwinden können, wird von vornherein eine weitere Untersuchung erforderlich, nämlich die Prüfung einiger zur Vereinfachung der Theorie aufgestellter Hilfshypothesen, denen bei der Ausführung der Versuche nicht immer genügt wird.

2. Den charakteristischsten Fall in dieser Hinsicht bietet die Theorie des Hallphänomens dar. Hier kann der Koeffizient R der Drudeschen Theorie dem experimentell bestimmten nicht entsprechen. Das Experiment lehrt, daß sich die Potentialdifferenz V, die seitens des Feldes H zwischen zwei Randpunkten einer Scheibe erregt wird, durch welche ein Strom von der Dichte j fließt, daß sich diese Potentialdifferenz durch die Formel

$$V = RjHb$$

ausdrücken läßt. In dieser Formel ist b ein Maß für die Breite der Scheibe und R ein für das Metall charakteristischer positiver oder negativer Wert.

Die Berechnung des Koeffizienten R als Funktion der Konstanten der Theorie führt Drude unter der Annahme aus, daß die Scheibe in transversaler Richtung in thermischer und

1) Zahn, Ann. d. Phys. (4) **14**, 905, 1904.

elektrischer Hinsicht isoliert sei. In diesem Falle sind die Gleichungen, durch welche die Bewegung der Elektronen bestimmt wird, unter Verwendung der elektrostatischen Einheiten folgende:

$$\left.\begin{aligned} \alpha_1 \frac{\partial T}{\partial y} &= e\left(Y - \frac{H}{c}\frac{d\xi_1}{dt}\right), \\ \alpha_2 \frac{\partial T}{\partial y} &= -e\left(Y - \frac{H}{c}\frac{d\xi_2}{dt}\right), \\ \frac{d\xi_1}{dt} &= v_1\left(eX - \alpha_1 \frac{\partial T}{\partial x}\right), \\ \frac{d\xi_2}{dt} &= v_2\left(-eX - \alpha_2 \frac{\partial T}{\partial x}\right), \\ j &= e\left(N_1 \frac{d\xi_1}{dt} - N_2 \frac{d\xi_2}{dt}\right). \end{aligned}\right| \qquad (1)$$

Die Bedeutung der einzelnen Symbole in diesem System ist folgende:

c ist die Lichtgeschwindigkeit;

$\alpha_1 = \frac{4\alpha T}{3}\frac{d\log N_1}{dT}$, wo α die Gaskonstante, T die Temperatur des Metalles und N_1 die Anzahl der positiven Ionen im Kubikzentimeter bezeichnet;

α_2 ist die zu α_1 analoge Größe für die negativen Ionen;

e stellt die den Elektronen beider Vorzeichen gemeinsame elektrische Ladung mit ihrem Zahlenwerte dar;

$\frac{\partial T}{\partial x}$ und $\frac{\partial T}{\partial y}$ sind die Temperaturgradienten längs der Scheibe in longitudinaler Richtung x und in transversaler Richtung y des elektrischen Stromes;

X und Y sind die elektrischen Kräfte in der x- bzw. y-Richtung;

$\frac{d\xi_1}{dt}$ und $\frac{d\xi_2}{dt}$ sind die Geschwindigkeiten der positiven bzw. der negativen Ionen in der x-Richtung;

v_1 und v_2 sind die entsprechenden Ionenbeweglichkeiten, d. h. die Geschwindigkeiten, welche die Ionen unter der Wirkung der Kraft 1 annehmen.

Diese Gleichungen gestatten, zwei der Größen Y, $\frac{\partial T}{\partial x}$, j, $\frac{\partial T}{\partial y}$ abzuleiten, wenn die übrigen gegeben sind.

Zur Berechnung des Koeffizienten R des Hallphänomens setzt Drude $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$ voraus und identifiziert das Feld Y mit der Hallschen elektromotorischen Kraft für die Breiteneinheit der Scheibe. Aber beide Hypothesen entsprechen den Versuchsbedingungen nicht.

Der Gradient $\frac{\partial T}{\partial x}$, der in der Formel erscheint, ist nämlich nicht der, den das Feld für sich allein hervorbringt, sondern der, welcher in Wirklichkeit infolge des Peltiereffektes, der etwaigen Unterschiede im Jouleeffekt und anderer Ursachen mehr zwischen dem Eintrittspunkte des Stromes und seinem Austrittspunkte entsteht. Der tatsächlich vorhandene Temperaturgradient wird eine transversale Temperaturdifferenz (Righieffekt) zur Folge haben, und diese wird die Größe $\frac{\partial T}{\partial y}$ verändern; ferner wird sie ein elektrisches Feld (Ettingshauseneffekt) zur Folge haben, und dieses wird den Wert von Y verändern. Die Formel von Drude würde sonach in diesem Sinne zu berichtigen sein, und es läßt sich nachweisen, daß der neue Wert von Y als Funktion von j und $\frac{\partial T}{\partial x}$ durch die Gleichung

$$Y = \frac{H}{c\,(N_1 v_1 + N_2 v_2)\,(\alpha_1 + \alpha_2)} \times \left\{ j\,\frac{\alpha_2 v_1 - \alpha_1 v_2}{e} + (\alpha_1 N_1 + \alpha_2 N_2)\,(v_1 \alpha_2 + v_2 \alpha_1)\,\frac{\partial T}{\partial x} \right\}$$

gegeben wird. Diese Gleichung reduziert sich für $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$ auf die Formel von Drude. Die Korrektion könnte in gewissen Fällen alles andere als gegenstandslos sein.

Die experimentelle Anwendung der Drudeschen Formel führt aber in einem weiteren Punkte zu unrichtigen Ergebnissen.

Das Feld Y mißt die elektromotorische Kraft per Längeneinheit, die im Innern der Scheibe tatsächlich vorhanden ist und daher auf die in Bewegung befindlichen Elektronen wirkt. Es ist aber nicht zulässig, diese mit der Potentialdifferenz V zu identifizieren, die man an den Rändern der Scheibe feststellt, selbst dann nicht, wenn man zu Elektroden derselben Art übergeht oder die Korrektion für die thermoelektrische Kraft anbringt, die infolge der Sonden aus anderem Metall hinzutritt, wie es Zahn getan hat.

Zwischen den Rändern der Scheibe besteht nämlich infolge des transversalen Gradienten $\frac{\partial T}{\partial y}$ eine Temperaturdifferenz. Daher tritt längs der Sonden aus demselben Metall bis zu dem zur Messung der Potentialdifferenz dienenden Apparate die dem Temperaturgefälle entsprechende Potentialdifferenz hinzu, auf welcher der Thomsoneffekt beruht. Dieses hinzukommende Feld Y' bildet einen Teil des Feldes Y, das in der Scheibe herrscht, und das durch die Gleichungen (1) gegeben wird, in denen, da ja in

der Scheibe der Gradient $\frac{\partial T}{\partial y}$ herrscht, alles berücksichtigt ist. Während aber die Wirkungen dieses Feldes auf die Bewegung der Ionen tatsächlich vorhanden sind, entzieht es sich der Beobachtung, wenn man Sonden zu Hilfe nimmt, denn dann erzeugt man ein entgegengesetzt gerichtetes Feld und gelangt daher zu einer unrichtigen Bewertung des Feldes Y. In analoger Weise läßt sich beweisen, daß aus demselben Grunde die Korrektion von Zahn für den Fall von Sonden aus einem abweichenden Metall unzureichend ist, denn diese hat nur die Wirkung, die beobachtete Potentialdifferenz auf jene zurückzuführen, die man mit Sonden aus demselben Metall erhalten würde.

Aus all' diesem ersieht man, daß eine genaue Gegenüberstellung der theoretischen Formel und der Versuchsergebnisse sehr schwierig ist und überdies eine genaue Auswertung der Größe $\frac{\partial T}{\partial x}$ erfordert, die in der Drudeschen Theorie zu Unrecht als null vorausgesetzt worden ist.

3. Ganz anders sind die Bedingungen, wenn man, wie es Zahn bei einer interessanten Untersuchung[1]) getan hat, die Scheibe in eine Wassermasse eintaucht, die sich rasch erneuert und daher die Temperatur in der ganzen Scheibe konstant macht.

Aber diesem Falle entsprechen die Formeln (1) der Theorie nicht mehr, denn diese setzen ja vielmehr voraus, daß die Scheibe auch in thermischer Hinsicht in transversaler Richtung isoliert sei. Zur Behandlung dieses Falles, den man nach dem Vorgange Zahns den isothermen Fall nennen kann, wird man die Komponenten der Ionengeschwindigkeiten in der y-Richtung, $\frac{d\eta_1}{dt}$ und $\frac{d\eta_2}{dt}$, einführen müssen und annehmen müssen, daß die Scheibe in transversaler Richtung nur für den elektrischen Strom isoliert ist. Man erhält dann in elektromagnetischen Einheiten:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{d\xi_1}{dt} &= ev_1(X - Hev_1Y)\frac{1}{1+H^2e^2{v_1}^2},\\
\frac{d\xi_2}{dt} &= -ev_2(X + Hev_2Y)\frac{1}{1+H^2e^2{v_2}^2},\\
\frac{d\eta_1}{dt} &= ev_1(Y + Hev_1X)\frac{1}{1+H^2e^2{v_1}^2},\\
\frac{d\eta_2}{dt} &= -ev_2(Y - Hev_2X)\frac{1}{1+H^2e^2{v_2}^2},\\
j_x &= e\left(N_1\frac{d\xi_1}{dt} - N_2\frac{d\xi_2}{dt}\right),\\
j_y &= e\left(N_1\frac{d\eta_1}{dt} - N_2\frac{d\eta_2}{dt}\right) = 0.
\end{aligned}\right| \qquad (2)$$

1) Zahn, Ann. d. Phys. (4) **23**, 131, 1907.

Setzt man:

$$\left.\begin{aligned}
\sigma_1 &= e^2N_1v_1,\\
\sigma_2 &= e^2N_2v_2,\\
\sigma &= \sigma_1 + \sigma_2,
\end{aligned}\right| \qquad (3)$$

so erhält man aus diesen Gleichungen:

$$Y = \frac{\sigma_1v_1 - \sigma_2v_2}{\sigma}eHX.$$

Bezeichnet man nun mit σ' das elektrische Leitvermögen der Substanz unter dem Einflusse des Magnetfeldes, setzt man also

$$\sigma' = \frac{j}{X},$$

so erhält man:

$$Y = \frac{\sigma_1v_1 - \sigma_2v_2}{\sigma}eH\frac{j}{\sigma}.$$

Mithin wird der isotherme Hallkoeffizient R_T

$$R_T = \frac{E}{\sigma'},$$

sein, wo E den Koeffizienten bezeichnet, der die elektromagnetischen Wirkungen zweiter Art bestimmt, die ich als differentiales Ionenmoment bezeichnet habe, nämlich:

$$E = \frac{ev_1\sigma_1 - ev_2\sigma_2}{\sigma}.$$

Mithin wird der Koeffizient des isothermen Hallphänomens, der einzige, den man experimentell zweifelsfrei bestimmen kann, nicht durch die Drudesche Formel gegeben. Er hängt vielmehr mit dem differentialen Ionenmoment E zusammen, auf dem die elektromagnetischen Wirkungen zweiter Art beruhen, die ich bereits bei meinen früheren Untersuchungen[1]) betrachtet habe.

4. Die Theorie kann uns andererseits ein wertvoller Führer sein, wenn es gilt, die für die Untersuchung der Konstanten des Metalles günstigsten Versuchsbedingungen aufzusuchen.

Wir haben gesehen, daß uns im isothermen Falle die Messung des Hallphänomens den Wert des Koeffizienten

$$E = \frac{ev_1\sigma_1 - ev_2\sigma_2}{\sigma}$$

liefert.

Ferner liefert uns die Messung der transversalen Temperaturdifferenz bei einer longitudinalen Wärmeströmung (Righieffekt) den Koeffizienten

$$S = \frac{e}{c\sigma}(\sigma_2v_1 - \sigma_1v_2).$$

Wenn man schließlich mit dem Zahnschen Apparate, in welchem man dem longitudinalen elektrischen Strome eine Wärmeströmung in derselben Richtung überlagern kann, zwei solche

1) O. M. Corbino, diese Zeitschr. **12**, 561, 1911.

Strömungen erzeugt, daß man $\frac{\partial T}{\partial y} = 0$ erhält, so liefern uns die Drudeschen Formeln (1) die interessante Beziehung

$$Y = \frac{Hj}{ce(N_1 - N_2)},$$

und aus dieser kann man $(N_1 - N_2)$ ableiten, wenn man die Größe Y mißt, die in diesem Falle mit der transversalen Potentialdifferenz identisch wird.

Wir wollen mit R_1 den Koeffizienten für dieses besondere Hallphänomen bezeichnen, den man beobachten kann, wenn $\frac{\partial T}{\partial y} = 0$ ist und $\frac{\partial T}{\partial x}$ den entsprechenden Wert hat, daß man dies bei isolierter Scheibe erhält. Dann werden wir die nachstehenden sehr einfachen Beziehungen haben:

$$R_1 = \frac{1}{ce(N_1 - N_2)},$$

$$E = \frac{ev_1\sigma_1 - ev_2\sigma_2}{\sigma},$$

$$S = \frac{e}{c}\,\frac{\sigma_2 v_1 - \sigma_1 v_2}{\sigma},$$

die im Verein mit den Gleichungen (3) uns die Bestimmung der vier bemerkenswertesten Konstanten des Metalles: N_1, N_2, v_1 und v_2, als Funktionen der Größen R_1, E, S und des Leitvermögens des Metalles, σ, gestatten.

Eine derartige Untersuchung würde das größte Interesse bieten. Während nämlich die Formeln einwandfrei sind, hängt jedes der experimentellen Daten mit einer kleineren Anzahl Konstanten zusammen als in den Drudeschen Formeln.

5. Eine ähnliche Untersuchung, wie ich sie hier für das Hallphänomen durchgeführt habe, kann man auch für die Theorie der elektromagnetischen Effekte anstellen, mit denen ich mich in einer früheren Mitteilung beschäftigt habe.

In dem Falle des radialen elektrischen Stromes ist gegen die angenommene Bedingung, daß die Linien gleichen Potentials Kreise sind, nichts einzuwenden. Somit ist auch nicht zu bezweifeln, daß diese Linien auch Isothermen sind. Dagegen muß man einen etwaigen radialen Temperaturgradienten infolge des Peltiereffekts oder des Jouleeffekts, der in der Mitte und am Umfange nicht gleich ist, berücksichtigen. Eine radiale Elektrizitätsströmung erscheint daher untrennbar von einer radialen Wärmeströmung, so daß sich auf derselben Scheibe die Kreisströme doppelten Ursprungs übereinander lagern, die sie, wie ich dargetan habe, in eine besondere magnetische Scheibe verwandeln.

Trotzdem wird die Induktionswirkung auf die die Scheibe umgebende Spule nicht beeinflußt werden, denn in dem Augenblick, wo man den radialen Strom einschaltet oder unterbricht und die Induktionswirkung feststellt, hat sich wegen der merklichen Wärmekapazität der Scheibe der Temperaturgradient nicht gebildet, oder er bleibt unverändert. Dagegen kann sich diese Übereinanderlagerung der beiden Wirkungen durch die Drehung der von dem radialen Strome durchflossenen Scheibe zu erkennen geben. Die Messung des Kräftepaares erfordert nämlich eine gewisse Zeit, und da kann eine etwaige Temperaturdifferenz zwischen der Mitte und dem Umfange und mithin eine auf thermomagnetischer Ursache beruhende Drehung der Scheibe entstehen.

Die Korrektion läßt sich leicht anbringen, wenn man mit denselben Zuleitungsdrähten die Temperaturdifferenz mißt, die der Strom zwischen dem Mittelpunkt und dem Umfange erzeugt, und die von der sich ergebenden thermoelektromotorischen Kraft abzuziehen ist[1].

1) Ich möchte einen kleinen Rechenfehler erwähnen, der in meiner Mitteilung auf Seite 561 dieses Jahrganges untergelaufen ist, wo es sich um die Auswertung der wechselseitigen Energie des Feldes und der von dem radialen Elektrizitäts- und Wärmestrom durchflossenen Scheibe handelte. — Die Energie im Felde H eines kleinen Ringes vom Halbmesser r und der Breite dr, der sich verhält als würde er von dem Strome $\frac{EHj}{2\pi r}\,dr$ durchflossen, beträgt nur die Hälfte des Wertes, den ich bei der Berechnung benutzt habe, denn der angegebene Strom ist nicht konstant, sondern von H abhängig. Infolgedessen beträgt der Wert von W nur die Hälfte des durch die Formel (6) auf Seite 565 angegebenen, und dementsprechend ändern sich auch die folgenden Formeln und die Zahlenergebnisse im Abschnitt **9**. — Das gleiche läßt sich über den Inhalt des Abschnittes **12** derselben Arbeit sagen. Hier ist aus demselben Grunde der Koeffizient von W und von M als $\frac{1}{8\pi}$ zu lesen statt als $\frac{1}{4\pi}$.

(Nach Lincei Rendic. **20** (1), 914—920, 1911, aus dem Italienischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 1. August 1911.)

Über den Widerstand zwischen Metall und Kristall an ebenen Grenzflächen.

Von F. Streintz und A. Wellik.

Bei der Untersuchung von festen Körpern, deren Leitvermögen den Metallen nachstehen, tritt eine große Schwierigkeit entgegen; sie besteht in der Herstellung einer einwandfreien Verbindung an den Grenzflächen der zu prüfenden Leiter. Über die Natur der Elektrizitätsleitung in festen Körpern wird man erst dann zu einem richtigen Bilde kommen, wenn man

den gefürchteten Übergangswiderstand in jedem Zustande, in dem sich der Körper gerade befinden mag, mit voller Sicherheit beseitigt hat.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Versuch unternommen, zu zeigen, ob und mit welchen Mitteln dieser Grundbedingung entsprochen werden kann.

Von J. Koenigsberger[1]) allein und in Verbindung mit O. Reichenheim[2]) und R. Schilling[3]) liegen eingehende Untersuchungen über die Elektrizitätsleitung in festen Elementen und Verbindungen vor. Die genannten Physiker waren auf verschiedenen Wegen bemüht, den Übergangswiderstand zu vermeiden.

Der einfachste Weg scheint darin zu bestehen, die Endflächen des Leiters wenn möglich mit elektrolytisch abgeschiedenen Metallen zu bedecken. Ob sich aber der metallische Überzug vollkommen gleichmäßig an den zu untersuchenden Leiter niederschlägt und ob nicht etwa Überbrückungen eintreten, entzieht sich jeder Beurteilung. Außerdem wird bei Anwendung dieser Methode vorausgesetzt, daß an den Grenzen von Leiter und Metall keine Veränderungen durch irgendeinen chemischen Umsatz hervorgerufen werden, eine Voraussetzung, bei der man nie sicher ist, ob sie, zumal bei höheren Temperaturen, erfüllt sein wird. So hat z. B. Silberglanz zwischen polierten Metallplatten die Eigenschaft, schon bei einer nicht bedeutenden Stromwärme Glanz und Farbe der metallischen Zuleitung zu verändern, wahrscheinlich infolge von Abgabe überschüssigen Schwefels an die Metalle.

An Bleiglanz lassen sich Nickelplatten anschmelzen, eine Erscheinung, die durch Entstehung schlechtleitenden Nickelsulfides als Bindemittel zu erklären ist. Alle diese Änderungen, und es wäre nicht schwer, noch eine Reihe von bekannten aufzuzählen, verursachen das Entstehen neuer Übergangswiderstände, die sich mit Rücksicht auf die nicht zugängliche Verbindungsstelle zwischen dem zu untersuchenden Leiter und dem Metall der Wahrnehmung völlig entziehen.

Ein anderer Weg ist, den Leiter zwischen weichen Metallzuleitungen derart einzupressen, daß bei weiterem Anziehen einer Preßschraube keine Abnahme des Widerstandes mehr eintritt. Das Verfahren ist etwas barbarisch, da die zu untersuchenden Kristalle bei ihrer Sprödigkeit keinen hohen Drucken ausgesetzt werden dürfen, sollen sie in ihrem Zusammenhang erhalten bleiben. Außerdem ändert sich der Druck einer Schraube mit der Temperatur, da Leiter und Bestandteile der Schraube verschiedene Wärmeausdehnung besitzen. Allein auch dann, wenn man sich über diese Einwände hinwegsetzen sollte, führen, wie gezeigt werden wird, Widerstandsmessungen, die vom Druck beeinflußt werden, niemals zum Ziel.

Der dritte Weg endlich besteht in der Verwendung von Quecksilber oder allgemeiner eines flüssigen Metalles oder einer Legierung als Zuleitung.

Es soll zunächst untersucht werden, welchen Einfluß der Druck auf den Widerstand verschiedener Grenzflächen ausübt.

Zu diesem Zwecke war es notwendig, die Größe des Druckes zu messen. Die zu untersuchenden Kristalle hatten die Form von Kreiszylindern mit eben geschliffenen Grundflächen von 0,74 oder 0,68 cm² und einer Höhe von 4,30 mm. Die Zylinder waren von Dr. Steeg & Reuter in Homburg v. d. H. hergestellt worden. Die Kristalle wurden zwischen zwei etwas größere Messingzylinder gelegt, die auf den zugekehrten Seiten mit einer etwas über 1 mm starken Goldschicht überzogen waren. Die mit Stahl polierten Goldflächen bildeten vollkommene Spiegel. Der untere Messingzylinder stand auf einem niedrigen Dreifuß, der obere trug einen Messingteller (T in Fig. 1), auf den

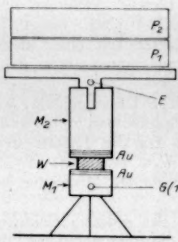


Fig. 1.

eine beliebige Anzahl von Bleiplatten P_1, P_2 meist stufenweise bis zu einem Gewichte von 6 kg aufgelegt werden konnte.

Die Klemmen der Messingzylinder wurden mit der Wheatstoneschen Brückenanordnung verbunden (Fig. 2). Da neben der Abhängigkeit des Widerstandes W vom Druck auch der Einfluß der Stromstärke zur Kritik der Methode untersucht werden mußte, so wurde unmittelbar an W ein Weston-Voltmeter G angeschlossen mit einer Empfindlichkeit von 0,0001 A

1) J. Koenigsberger, Jahrb. d. Radioaktivität u. Elektronik **4**, 158, 1907.

2) J. Koenigsberger und O. Reichenheim, Zentralbl. f. Mineralogie usw., Jahrg. 1905, S. 458.

3) J. Koenigsberger u. R. Schilling, Ann. d. Physik **32**, 180, 1910.

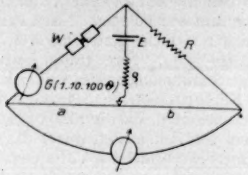


Fig. 2.

für einen Teilstrich. Mit Hilfe von Nebenschlüssen konnte der Widerstand des Voltmeters von 100 auf 10 und 1 Ω vermindert werden. Es trat somit zu dem zu prüfenden Widerstand mindestens 1 Ω als Ballast hinzu. Aus diesem Grunde konnten kleinere Widerstände nur auf eine Genauigkeit von wenig unter 0,001 Ω bestimmt werden. Diese Genauigkeit ist aber für den ins Auge gefaßten Zweck hinreichend.

Die Kristalle bestanden sämtlich aus Schwefelmetallen, und zwar aus Arsenkies, Bleiglanz, Magnetkies, Schwefelkies und Silberglanz. Das letztgenannte Mineral zeigte außerordentliche Unregelmäßigkeiten, deren man bisher noch nicht Herr werden konnte. Es soll daher auf eine Angabe des damit gewonnenen Zahlenmaterials vorläufig verzichtet werden.

Der Widerstand bei festen Zuleitungen. Arsenkies.

Das Mineral war mit der Basis parallel einer Fläche von $\infty O \infty$, d. h. also senkrecht zu einer kristallographischen Hauptachse orientiert und stammte aus der Grube Himmelfahrt zu Freiberg. Steeg & Reuter hatten fünf Exemplare von 4,30 mm Höhe und 9,74 mm Durchmesser geliefert. Die Grundflächen waren vollkommen ebene Spiegel, wie sich aus ihrer Durchmusterung mit Fernrohr und Skala ergab. Der Vergleich mit dem Galvanometerspiegel zeigte, daß der Kristall eine ins Gelbe spielende Färbung zeigte. Nach der beschriebenen Anordnung lag also Spiegel auf Spiegel.

Der Kristall wurde zunächst mit dem Gesamtgewicht von 1294 g belastet. Bei einer Stromstärke von 0,0058 A ergab sich ein Widerstand von 34,0 Ω, der mit zunehmender Stromstärke, wie aus dem Diagramm der Fig. 3, IA, ersichtlich ist, in einer steilen, ziemlich regelmäßigen Kurve abnahm, bis er bei 0,120 A auf einen Wert von 10,6 Ω herabgesunken war.

Um den Einfluß der Stromwärme auf diesen Widerstand festzustellen, wurde der Strom längere Zeit unterbrochen und dann sofort wieder eine Messung bei 0,12 A vorgenommen. Der Widerstand betrug 10,8 Ω. Eine nach mehreren Minuten dauernden Stromschlusses gemachte Beobachtung ergab 10,7 Ω. Der Zylinder wurde nun durch 24 Stunden der konstanten Belastung von 1294 g ausgesetzt. Die Abhängigkeit des Widerstandes von der Stromstärke (Fig. 3, IB) ist dann eine wesentlich geringere geworden.

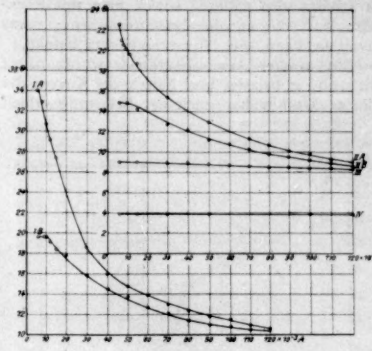


Fig. 3.

Eine sogleich darauf vorgenommene Zugabe von Bleischeiben bis zur Gesamtbelastung von 2909 g lieferte die Kurve IIA. Der mit der geringsten Stromstärke beobachtete Wert des Widerstandes betrug 22,5 Ω, war also größer als der bei derselben Stromstärke (0,058 A) gefundene Wert von 19,6 Ω bei der geringeren Belastung von 1294 g in IB. Die Stromstärke war plötzlichen heftigen Schwankungen unterworfen, die sich besonders bei ihren größeren Werten zur Geltung brachten. Am nächsten Tage wurde die Messung bei derselben Belastung von 2909 g wiederholt, das Ergebnis liegt in der Kurve IIB vor.

Die beiden Kurven I und die beiden Kurven II zeigen in ihrem Verlauf große Ähnlichkeit. Insbesondere auffallend ist der flache Ansatz der beiden B-Kurven.

Bei einer Gesamtbelastung von 3909 g ist die Abhängigkeit des Widerstandes von der Stromstärke bereits recht gering (Kurve III). Der Widerstand sinkt von 9,0 Ω bei 0,0058 A ziemlich gleichmäßig herab bis auf 8,3 Ω bei 0,12 A.

Durch Auflegen von Scheiben wurde nun die Gesamtbelastung auf 4909 g erhöht. Der Erfolg war zunächst gering; der Widerstand bei 0,0058 A erhielt einen Wert von 8,6 Ω. Erst am nächsten Tage, bei Fortdauer dieser Belastung, stellte sich eine erhebliche Wirkung heraus (Kurve IV). Die Gesamtänderung des Widerstandes beläuft sich innerhalb der angewendeten Stromstärken nur mehr auf 0,05 Ω.

Es scheint also nahezu, soweit man mit Rücksicht auf die entwickelte Stromwärme etwas aussagen kann, das Ohmsche Gesetz befolgt.

Ein zweiter Arsenkieszylinder wurde sofort mit 4909 g belastet und lieferte die Kurven der Fig. 4. Unmittelbar nach der Belastung erhielt

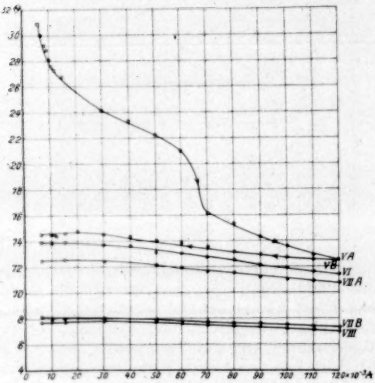


Fig. 4.

man die Kurve VA. Die Nadel des Voltmeters konnte niemals zur Ruhe gebracht werden; sie geriet von Zeit zu Zeit in Zuckungen, die den Charakter von Entladungen zeigten und in einem eingeschalteten Telephon vernommen werden konnten. Zwischen den Stromstärken 0,06 und 0,07 A entstand eine sprungweise Änderung des Widerstandes von 21,0 auf 16,1 Ohm herab. Eine bei abnehmender Stromstärke anschließende Beobachtungsreihe ist durch die Kurve VB dargestellt. Die Nadel des Voltmeters war etwas ruhiger geworden.

Eine Stunde später hatten die Widerstände sich weiter verringert (Kurve VI). Die Nadel war viel ruhiger geworden.

Am nächsten Tage, die Belastung hatte die Nacht hindurch fortgedauert, verhielt sich die Nadel vollkommen ruhig. Die Kurven VII A und VII B geben die Beziehungen zwischen Stromstärke und Widerstand für den Vormittag und den Nachmittag an.

Die unterste Kurve VIII wurde nach 48stündiger Belastung mit 4909 g gefunden. Das Ohmsche Gesetz wird noch nicht befolgt, da der Widerstand von 7,7 auf 7,05 Ohm sank. Eine an diese Messungen anschließende Beobachtungsreihe bei der konstanten Stromstärke von 0,12 A ergab ein höchst merkwürdiges Resultat. Der Widerstand von 7,05 Ohm blieb zunächst längere Zeit bestehen, um dann zunächst langsam abzunehmen. Nach vier Stunden fanden sich nur mehr 4,26 Ohm vor, fünf Minuten später 3,09. Nun traten außerordentlich heftige Schwankungen des Widerstandes ein, die eine Kompensation im Spiegelgalvanometer äußerst erschwerten, da die Skala des Galvanometers nur von Zeit zu Zeit durch das Gesichtsfeld huschte. Die Nadel des Voltmeters schwang zwischen 0,1 und 0,15 A schnell hin und her. Der Widerstand änderte sich beiläufig innerhalb der Grenzen zwischen 2,4 und 0,32 Ohm.

Ein Fehler in der Anordnung war nicht nachzuweisen, in der Tat ergaben darauf folgende Beobachtungen bei geringen Stromstärken wieder ungefähr normale Werte.

Bleiglanz.

Die Zylinder, vier Stück an Zahl, waren in gleicher Weise wie die früheren orientiert, von Meuthead in Cumberland gewonnen, und besaßen eine Höhe von 4,30 mm bei einem Durchmesser von 9,32 mm.

Ein Teil der vollständig ebenen Grundflächen spiegelte recht gut; ein anderer Teil aber trug das kristallinische Gepräge. Die Abhängigkeit von Stromstärke und Druck wird durch die Kurven der Fig. 5 ersichtlich gemacht. Kurve I entspricht einem Druck von 1294 g. Die Abhängigkeit des Widerstandes von der

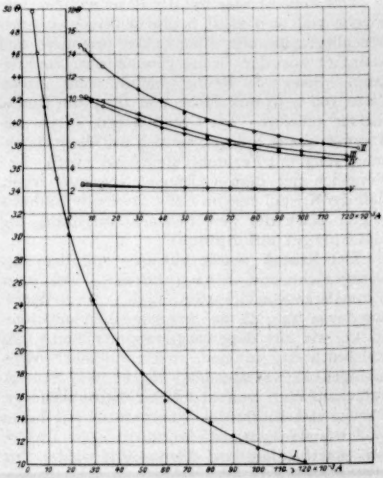


Fig. 5.

Stromstärke ist viel bedeutender als bei Arsenkies. Bei 0,005 A erhielt man 49,8 Ω, bei 0,12 A nur mehr 10,1 Ω, also ungefähr den fünften Teil des Anfangswiderstandes. Die höheren Belastungen mit 2909, 3909 und 4909 g folgten einander auf dem Fuße und sind durch die Kurven II, III und IV gekennzeichnet.

Nach mehrtägiger Belastung mit dem größten Gewicht entstanden die beiden ziemlich identischen Kurven V. Sie zeigen, daß das Ohmsche Gesetz nicht befolgt wird.

Die Goldplatten wurden darauf mit einer dichten Schicht von Platinschwarz überzogen. Bei einer Belastung von 3224 g erhielt man bei einer Stromstärke von 0,006 A 3,87 Ω, bei einer solchen von 0,03 A dagegen 3,53 Ω. Bei der größten zulässigen Belastung von 6224 g, über neun Atmosphären, ergab sich keine wahrnehmbare Abweichung vom Ohmschen Gesetze. Der Widerstand betrug ziemlich unabhängig von der Stromstärke 2,2 Ohm. Er hatte sich gegenüber dem an Goldzuleitungen gefundenen nicht verringert.

Die Fig. 6 veranschaulicht die Abhängigkeit des Widerstandes vom Druck für eine und dieselbe Stromstärke von 0,05 A. Die Kurven A und A' entsprechen verschiedenen Beobachtungen bei Arsenkies, die Kurve B bei Bleiglanz.

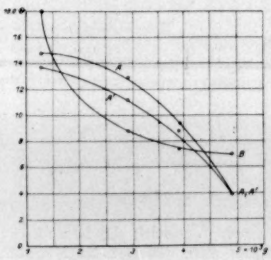


Fig. 6.

Die Kurven A zeigen gegen die Abszissenachse einen konkaven, die Kurve B dagegen einen konvexen Verlauf. Eine Extrapolation der Widerstand-Druckkurve über die maximale Belastung hinaus ist nicht statthaft; trotzdem wird man behaupten können, daß an Arsenkies bei einem entsprechend hohen Druck die Erreichung eines Minimalwiderstandes nicht ausgeschlossen ist, während ein derartiges Minimum an Bleiglanz kaum erreichbar sein wird.

Magnetkies.

Dimensionen wie bei Arsenkies; Fundort Bodenmais in Bayern. Die Orientierung ist unbekannt, da die Zylinder aus ziemlich formlosen Kristallen hergestellt werden mußten. Sie waren von zahlreichen feinen Sprüngen durchsetzt. In bezug auf das Reflexionsvermögen stehen sie dem Arsenkies nach, übertreffen aber den Bleiglanz. Im Fernrohr bildet der Magnetkiesspiegel eine Glühlampe recht deutlich ab, die Skala erscheint jedoch nur als dunkles Band.

Versuche mit dem von einem kleinen Induktorium erzeugten Wechselstrom ergaben:

Belastung in g	Widerstand in Ohm
1020	0,32
1220	0,30
1420	0,23
1620	0,20
1820	0,19
2020	0,16
2220	0,16
2420	0,16
2620	0,16
2820	0,16
3020	0,16

Der Widerstand ist also von einer Belastung von 2020 g aufwärts unabhängig vom Druck.

Bei dieser Gelegenheit möge eine kurze Bemerkung über die Messungen mit Wechselstrom im allgemeinen eingeschaltet werden.

Alle Kristalle waren zuerst in ausgedehnter Weise mit Wechselstrom untersucht worden. Als es sich aber herausstellte, daß es nicht gleichgültig war, ob als Vergleichswiderstand R 1, 10 oder 100 Ohm angewendet wurden, mußte die Methode, die keine Strommessungen gestattet, verlassen werden. Nach der Anordnung der Brücke fließt der schwächste Strom durch den Kristall, wenn die Einheit des Widerstandes zum Vergleich dient. Man erhielt dann den größten Wert für den zu untersuchenden Widerstand W.

Es fanden sich, um nur ein Beispiel herauszugreifen, an Bleiglanz bei der Belastung von 3100 g folgende Werte:

R	W
1	8,43
10	7,24
100	6,38

Sehr wechselvoll gestaltete sich auch der Charakter der Minima. Sie waren bei mäßigen Belastungen der Kristalle bald mehr, bald weniger verschwommen, um erst von einem höheren Drucke aufwärts scharf zu werden. Arsenkies gab schon bei einer Belastung von 2020 g befriedigende Minima, Bleiglanz dagegen bei der gleichen Belastung noch verschwommene und erst

bei der größten Belastung von 5220 g gute Minima. Aber auch diese Minima zeigten eine Seltsamkeit. An der Kompensationsstelle war der Klang schwach. Verschob man die Walze um eine Spur nach der einen Seite, dann trat der Grundton stärker hervor, verschob man nach der anderen Seite, so verschwand der Grundton vollständig, und es setzte der erste Oberton, die Oktave, ein.

Die an demselben Exemplar mit Gleichstrom angestellten Messungen zeigten, daß von der Belastung von 1294 g aufwärts das Ohmsche Gesetz galt. Man erhielt, also unabhängig von der Stromstärke, die folgenden Werte des Widerstandes bei den verschiedenen Belastungen:

1294 g	0,31 Ohm
2909 „	0,20 „
3909 „	0,17 „
4909 „	0,17 „

Der Widerstand ist somit von einer Belastung über 3000 g unabhängig vom Druck; bei Wechselstrom beträgt dieser Druck nur 2000 g.

Ein anderes Exemplar ergab bei einem Drucke von 4909 g zwischen den Goldzuleitungen 0,12 Ohm, zwischen polierten Messingplatten bei demselben Druck dagegen nur 0,06 Ohm, ein äußerst bemerkenswertes Resultat.

Schwefelkies.

Dimensionen wie bei Arsen- und Magnetkies. Fundort Rio auf der Insel Elba. Die gelieferten Zylinder sind mit der Basis parallel zu einer Fläche von $\frac{\sim 0\,2}{2}$ orientiert. Die Grundflächen gleichen erblindeten Spiegeln. Bei der geringsten Belastung von 1294 g erhielt man unmittelbar hintereinander bei steigender und fallender Stromstärke die Kurven I, Fig. 7, anschließend bei 2909, 3909 und 4909 g die Kurven II, III und IV.

Um den Einfluß der Dauer der Belastung kennen zu lernen, wurde derselbe Kristall eine Woche später mit 4909 g neuerdings und dauernd belastet. Gleich nach der Belastung wurde die Kurve V, nach 24 Stunden die Kurve VI und endlich nach weiteren acht Tagen die Kurve VII gewonnen. Das Ohmsche Gesetz wurde auch in dem letzten Falle nicht erfüllt. Der Widerstand des Kristalls sank von 1,41 Ohm bei 0,0059 A herab bis auf 1,27 Ohm bei 0,12 A.

Wie bei den anderen Kristallen, mit Ausnahme des Magnetkieses, macht sich auch hier der bedeutende Einfluß der Belastungsdauer bemerkbar.

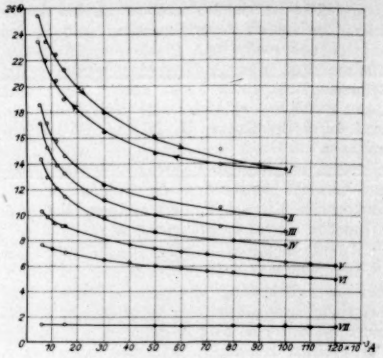


Fig. 7.

Fig. 8 zeigt die Widerstandsdruck-Diagramme bei derselben Stromstärke von 0,05 A. *M* gibt das Verhalten des Magnetkieses, *S* das Verhalten des Schwefelkieses an.

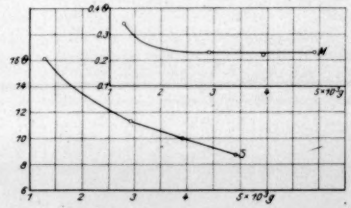


Fig. 8.

Aus einem Vergleich der Kurven der Fig. 6 und 8 ergibt sich, daß nur bei Magnetkies die Bedingung erfüllt wird für die Unabhängigkeit des Widerstandes bei Belastungen über 5000 g. Möglicherweise genügt auch Arsenkies dieser Forderung; Bleiglanz und Schwefelkies dagegen entsprechen keineswegs.

Nach den bisherigen Voraussetzungen, die allerdings recht willkürlich sind, erhält man den Widerstand eines festen Körpers einwandfrei, wenn er sich dem Ohmschen Gesetz fügt, und wenn ferner bei „weiterem Anziehen (einer Preßschraube) der Widerstand nicht mehr abnimmt".

Dann soll also der Übergangswiderstand nahezu verschwinden. Koenigsberger und Schilling[1]) versuchen diese Behauptung dadurch zu beweisen, daß sie Kupfer, Gold oder

1) J. Koenigsberger und R. Schilling, a. a. O., S. 181.

Eisen zwischen die Elektroden bei starkem Anziehen der Schraube spannen und zeigen, daß der Übergangswiderstand beim Zwischenpressen dieser Metalle kleiner als 0,0001 Ohm sei. Damit soll der Beweis erbracht sein, daß auch der Übergangswiderstand an einem beliebig festen Leiter von keiner störend höheren Größenordnung ist. Ein sehr begreiflicher Trugschluß, der um so bedauerlicher ist, als Koenigsberger an der Hand eines reichen Beobachtungsmaterials zu ebenso interessanten als weitgehenden Schlüssen über die Elektronenbewegung in festen Körpern gelangt.

Es soll nun der Beweis des folgenden Satzes versucht werden: Der Widerstand zwischen Metall und einem beliebigen festen Leiter ist abhängig von der Natur der **beiden** Leiter.

Wenn also der Übergangswiderstand zwischen Gold oder Platin einerseits und Kupfer, Gold oder Eisen andererseits bei starkem Anziehen der Preßschraube nahezu verschwindet, so ist damit keineswegs der Beweis erbracht, daß er zwischen Gold oder Platin und einem beliebigen festen Leiter gleichfalls zu vernachlässigen ist. Ganz im Gegenteil kann er Werte annehmen, die den wahren Widerstand des festen Leiters um ein Vielfaches übersteigen.

Zunächst mögen einige orientierende Versuche über das Verhalten eines an den Grundflächen polierten Messingzylinders von der Größe der untersuchen Mineralien erwähnt werden.

Das Messingstück wurde zunächst zwischen zwei polierte Messingplatten gelegt und dann allmählich mit den Bleischeiben belastet. Eine Abhängigkeit des Widerstandes von der Stromstärke war nicht bemerkbar bei Anwendung der beschriebenen, für diesen Fall allerdings bereits rohen Methode. Die bei den verschiedenen Belastungen gefundenen Übergangswiderstände waren:

Belastung in g	Widerstand in Ohm
250	0,353
786	0,024
1328	0,009
2328	0,009
3328	0,005
3865 bis 5050	< 0,001

Wurde der Messingzylinder dagegen zwischen die Goldplatten gelegt, so fand sich:

Belastung in g	Widerstand in Ohm
220	0,023
762	0,021
1299	0,011
1836 bis 3836	0,006

und bei einem zweiten Versuch:

Belastung in g	Widerstand in Ohm
250	0,031
1250—5250	0,006

Auch hier verhielt sich der Widerstand unabhängig von der Stromstärke. Werden die Goldplatten aufeinander gelegt, dann beträgt der Widerstand zwischen ihnen allein, unabhängig von Stromstärke und Druck

0,006 Ohm.

Aus diesen Ergebnissen lassen sich allerdings keine Schlüsse ziehen auf den Übergangswiderstand zwischen zwei spiegelnden Metallflächen; dazu bedürfte es einer anderen Versuchsanordnung. Bei geringen Belastungen käme außerdem die zufällige Lage der beiden Metallflächen gegeneinander in Betracht.

Allein eine wichtige Folgerung läßt sich ziehen. Der Übergangswiderstand zwischen den Metallen Gold und Messing ist bei höheren Drucken in Übereinstimmung mit den Versuchen von Koenigsberger praktisch gleich Null, während er zwischen Gold und Arsenkies, Bleiglanz oder Schwefelkies bei denselben Drucken keineswegs zum Verschwinden gebracht werden kann. Es könnte also höchstens Magnetkies eine Ausnahme machen. Allein auch diese Ausnahme besteht nicht.

Der Widerstand bei flüssigen Zuleitungen.

Zum Beweise, daß der Widerstand an den Grenzflächen auch von der Natur des Metalles der Zuleitung abhängig ist, könnte man die Goldzuleitung durch eine solche aus Kupfer, Nickel, Silber usw. ersetzen. Es ist nach einem Versuche mit Magnetkies wahrscheinlich, daß auch die übrigen Kristalle andere Werte für den Widerstand ergeben werden, wenn man z. B. Gold durch Messing ersetzt.

Versuche mit Schwefelkies bestätigten diese Vermutung. Derselbe Kristall, der bei einer Dauerbelastung von 24 Stunden das Diagramm VI, Fig. 7, geliefert hatte, ergab unter denselben Umständen bei Anwendung von Messingelektroden bei einer Stromstärke von 0,005 A einen Widerstand von 5,76 Ohm, bei 0,1 A 5,53 Ohm, zeigte also neben dem kleineren Ausgangswert auch eine geringere Abweichung vom Ohmschen Gesetze.

Ungleich charakteristischer gestaltet sich aber die Sachlage, wenn man metallisch flüssige Zuleitungen verwendet. Zu diesem Zwecke wurden die Goldplatten amalgamiert. Die Untersuchung, die in gleicher Weise wie früher vorgenommen worden war, ergab die folgenden Resultate.

Arsenkies.

Der Widerstand sämtlicher Kristalle war von der Belastung vollständig unabhängig. Die Belastung der Kristalle mit dem Gewichte des

Messingzylinders und des Tellers allein (150 g) genügte. Eine Änderung des Widerstandes mit der Stromstärke trat nicht ein. Die verschiedenen Kristalle lieferten bei der Zimmertemperatur von 22° folgende Werte:

Nr. 1,	schönes Exemplar mit feinen Sprüngen	0,078 Ohm
„ 2,	desgleichen	0,084 „
„ 3,	mit am Rande ausgesprungenen Stellen	0,090 „
„ 4,	mit einem deutlichen Sprung mitten durch den Kristall .	0,140 „
„ 5,	mit einem breiten schwarzen Streifen gegen den Rand .	0,133 „

Aus den Zahlen geht zunächst hervor, daß Präzisionswerte für den Widerstand der Kristalle nicht gefunden werden können. Ein Ergebnis, wie es wohl nicht anders erwartet werden konnte.

Nimmt man den an Nr. 1 erhaltenen kleinsten Wert des Widerstandes als den richtigen an, so erhält man **0,134** Ohm für einen Würfel Arsenkies von 1 cm Seite.

Ob dieser Wert nun tatsächlich der „richtige" ist, soll durchaus nicht behauptet werden. Hätte man an Stelle von fünf Exemplaren hundert zur Verfügung, so würden sich darunter gewiß solche befinden, deren Widerstände unter 0,134 Ohm gelegen sind.

Es ist übrigens zwar wahrscheinlich, keineswegs aber bewiesen, daß der Übergangswiderstand vollständig eliminiert ist.

Bleiglanz.

Von Steeg & Reuter waren vier Stück geliefert worden. Eines davon war infolge einer großen Belastung zerbrochen, es standen also nur drei Exemplare zum Vergleich zur Verfügung.

Der Kontakt mit dem Goldamalgam ließ zu wünschen übrig. Die Nadel des Weston-Instrumentes war von Zeit zu Zeit Schwankungen ausgesetzt, die allerdings bald wieder aufhörten.

Der Kristall Nr. 2 zeigte bei der Belastung von 150 g bei 0,01 A einen Widerstand von 0,067, bei 0,1 A einen solchen von 0,057 Ohm. Erst bei einer Belastung von 1224 g ergab sich unabhängig von Stromstärke und Druck ein Wert von 0,057 Ohm. Ähnlich lagen die Verhältnisse bei Nr. 3. Der bei Drucken von 1224 g aufwärts gemessene Widerstand betrug nur 0,016 Ohm. Eine Bestimmung an Nr. 4 lieferte unter denselben Bedingungen den vierfachen Wert von 0,065 Ohm.

Hier liegen also die Einzelwerte viel weiter auseinander als bei Arsenkies. Der Kristall Nr. 3 liefert den kleinsten Wert.

Der Widerstand eines Würfels von 1 cm Seite ergibt sich zu **0,025** Ohm.

Koenigsberger und Reichenheim[1]) fanden den spez. Widerstand für einen aus dem Val Strim bei Sedrun in Graubünden stammenden Kristall zu 0,00265 Ohm. Über die Art der Zuleitung ist keine Bemerkung gemacht. Es liegt aber nahe, zu vermuten, daß die genannten Herren Bleiamalgam als Elektroden verwendet haben.

Magnetkies.

Der Widerstand der verschiedenen Exemplare war so ziemlich derselbe. Er war wie bei Arsenkies unabhängig von Druck und Stromstärke. Der Mittelwert betrug 0,008 Ohm, woraus sich ein spez. Widerstand von **0,014** Ohm ergibt.

Schwefelkies.

Auch bei diesem Mineral brachte weder eine Vergrößerung von Stromstärke noch Druck irgendeine Widerstandsänderung hervor. Die Einzelwerte liegen aber ziemlich weit auseinander. Den kleinsten Wert lieferte der Kristall Nr. 5 mit 0,023 Ohm, also mit dem spez. Widerstand von **0,0395** Ohm, den größten der Kristall Nr. 1 mit 0,038 Ohm.

So wenig befriedigend die Bestimmungen mit Goldamalgam als Zuleitung an sich sind, eine wichtige Tatsache geht aus den Messungen hervor: die Untauglichkeit fester metallischer Zuleitungen. Die großen Widerstände, die bei deren Verwendung auch unter den größten zulässigen Drucken gefunden wurden, sind fast ausschließlich auf den Widerstand zwischen Metall und Kristall zu buchen. Es ist nicht schwierig, den Grund dafür zu finden. Alle festen Körper enthalten Gase, wahrscheinlich meist Luft, an ihren Oberflächen adsorbiert. Zwischen Metall und Kristall befindet sich also eine Gasschicht. Bei Anlegung irgendeiner Potentialdifferenz kommt es zu einer Entladung, zunächst zwischen den am meisten benachbarten Punkten der beiden Leiter.

Der Kristall wird daher nicht von gleichmäßig dichten Stromlinien durchzogen, er verhält sich vielmehr so, als wenn sein Querschnitt um ein Vielfaches kleiner wäre. Steigert man die Potentialdifferenz zwischen den beiden Endflächen der Zuleitung, so wird sich die Anzahl der Entladungen und damit auch der Stromlinien vergrößern. Der wirksame Querschnitt des Kristalls wird dadurch gewissermaßen vergrößert. Die Bestätigung für diese Behauptung besteht in der Abnahme des Widerstandes mit der Vergrößerung der Stromstärke.

1) J. Koenigsberger und O. Reichenheim, a. a. O., S. 466.

Mit steigendem Druck wird eine größere Zahl von Teilchen der beiden Leiter einander genähert. Infolgedessen wird der Widerstand zwischen den Leitern durch Bildung einer größeren Zahl von Strombahnen abnehmen. Auf keinen Fall aber können durch einen auch noch so hoch gesteigerten Druck die von den Leitern festgehaltenen Gasschichten beseitigt werden. Bei Magnetkies z. B. hat es sich gezeigt, daß steigende Belastungen über 3000 g keine Abnahme des Widerstandes von 0,17 und 0,12 Ohm zwischen Gold, von 0,06 Ohm zwischen Messingzuleitungen im Gefolge hatten. Und trotzdem fand sich bei Anwendung von Goldamalgam nur mehr ein Wert von 0,008 Ohm vor!

Der elektrische Kontakt zwischen zwei Leitern ist offenbar nur dann vollständig, wenn sie einander derart nahegebracht sind, daß die Molekularkräfte zwischen ihnen ins Spiel treten können. Natürlich hängen die Größen dieser Molekularkräfte, die in der Adhäsion zum Ausdruck kommen, von der Natur jedes der beiden Leiter ab. Demzufolge ist es sogar recht fraglich, ob in allen Fällen derartige Zuleitungen ermittelt werden können, die an den zu prüfenden festen Leitern auch adhärieren.

Welche Bedeutung den Molekularkräften bei der Elektrizitätsleitung zukommt, zeigt die Tatsache, daß nur diejenigen dunkelfarbigen Pulver Leiter der Elektrizität bei Zimmertemperatur sind, die sich unter hohen Drucken ohne Anwendung eines Bindemittels in bestimmte Formen von metallischem Glanz bringen lassen[1]). In diesem Falle ist es die Kohäsion, die die Leitung von Korn zu Korn zustandebringt, während bei dem hier behandelten Problem die Adhäsion für den gleichmäßigen Übergang der Elektronen von einer Schicht zur anderen maßgebend ist.

Zum Schlusse mögen noch einige, vielleicht instruktive Versuche über die Haftfestigkeit der Kristalle an Goldamalgam mitgeteilt werden.

Auf dem einen Balken einer Wage wurde ein kräftiger Faden aufgehängt, der den Messingzylinder derart trug, daß seine untere mit Gold und Quecksilber bedeckte Fläche vollständig horizontal schwebte. Nach Tarierung der anderen Wagschale wurde die gleichfalls vorsichtig horizontal und zentriert eingestellte Grundfläche des Kristalls, der von einer kräftigen Zwinge gehalten wurde und sich zuerst unterhalb des Messingzylinders befand, langsam vertikal gehoben, bis Kristall und Messingzylinder sich vollständig berührten.

1) F. Streintz, Das Leitvermögen von gepreßten Pulvern. Sammlung elektrotechn. Vorträge, Band 4, S. 51, 1903. Stuttgart, Enke.

Durch vorsichtiges Auflegen von Gewichtsstücken konnte jenes Gewicht ermittelt werden, bei dem der Messingzylinder sich vom Kristall losriß. Dieses Gewicht, bezogen auf die Fläche eines Quadratzentimeters, gibt ein Maß für die Haftfestigkeit des Kristalls am Amalgam. Da jede von den Grundflächen der Kristalle, auch bei einem und demselben Mineral, individuelle Verschiedenheiten besitzen dürfte, so konnte nicht erwartet werden, daß die Flächen der Kristalle auch von demselben Material dieselben Zahlen geben werden. Allein der Unterschied in der Haftfestigkeit verschiedener Kristalle kam trotzdem zum Ausdruck. Zur Bestimmung wurde jene Grundfläche des Kristalls ausersehen, die das bessere Ansehen besaß.

Es ergab sich:

Bleiglanz, Kristall Nr. 2	19	g/cm²
„ „ „ 4	3,2	„
(er trug nur sein eigenes Gewicht von 2,2 g)		
Magnetkies, Kristall Nr. 4 . . .	71	g/cm²
„ „ „ 5 . . .	88	„
Arsenkies, Kristall Nr. 2 . . .	132	„
„ „ „ 3 . . .	94	„
„ „ „ 5 . . .	77	„
Schwefelkies, Kristall Nr. 1 . .	68	„
„ „ „ 5 . .	176	„

Die Haftfestigkeit von Bleiglanz ist also eine sehr geringe im Vergleich zu den anderen Kristallen. Es soll nicht versucht werden, eine Beziehung zwischen der Haftfestigkeit verschiedener Exemplare desselben Minerals und seinem Widerstand aufzustellen, da letzterer doch von der Beschaffenheit zweier Oberflächen abhängig sein muß. So viel steht aber fest, daß nur dann eine Unabhängigkeit des Widerstandes vom Drucke vorhanden ist, wenn die Haftfestigkeit keine zu geringe ist. Die Kristalle aus Bleiglanz genügen nicht dieser Bedingung. Ihr Widerstand ändert sich mit Stromstärke und Druck. Der Übergangswiderstand ist daher nicht völlig beseitigt. Wählt man für Bleiglanz an Stelle des Goldamalgams Bleiamalgam, so tritt keine Änderung in der Haftfestigkeit ein.

Zum Vergleiche mit der Haftfestigkeit der Kristalle soll noch ein Versuch der Haftfestigkeit eines polierten und amalgamierten Messingzylinders an der amalgamierten Goldfläche erwähnt werden.

Unmittelbar nach Berührung der beiden Amalgame riß der aufgehängte Zylinder bei einem Zuge von 320 g/cm², nach 5 Minuten dauernder Berührung bei 740 g/cm².

Hatte die Berührung dagegen eine halbe Stunde gewährt, so ergab sich 1500 g/cm², um nach 14stündiger Berührung den überraschenden Wert von 2700 g/cm² zu erreichen. Es sei noch nachgetragen, daß ein Übergangs-

widerstand zwischen einem Messingzylinder von den Dimensionen der Kristalle und den Flächen der amalgamierten Goldplatten nicht nachzuweisen war.

Die beiden amalgamierten Goldflächen hafteten zuerst mit 223 g/cm², nach 16stündiger Berührung dagegen mit 500 g/cm² aneinander.

Aus der Darstellung dürfte hervorgehen, daß die Bestimmung des Widerstandes eines Kristalls zu den schwierigsten Aufgaben der messenden Physik gehört. Man wird, soweit die vorliegenden Beobachtungen einen allgemeinen Schluß gestatten, auf feste Zuleitungen überhaupt verzichten müssen und nur flüssige metallische in Anwendung bringen dürfen. Und auch dabei hat man vorsichtig darauf zu achten, daß der Widerstand sich vollkommen unabhängig von der jeweiligen Stromstärke ergibt. Der Widerstand darf ferner vom Drucke, unter dem der Kristall steht, nicht beeinflußt werden. Diese beiden letzten Bedingungen scheinen erfüllt zu sein, wenn zwischen Kristall und flüssiger Zuleitung eine gewisse, nicht zu geringe Haftfestigkeit vorhanden ist.

Graz, Technische Hochschule, August 1911.

(Eingegangen 14. August 1911.)

Zur Relativitätsmechanik deformierbarer Körper.

Von Gunnar Nordström.

Wie die Untersuchungen verschiedener Forscher gezeigt haben, kommt man in der Relativitätsmechanik nicht weit, solange man sich auf „starre" Körper beschränkt. Zu einer befriedigenden Fassung dieser Mechanik kann man nur gelangen, wenn man die Deformierbarkeit der Körper berücksichtigt. Die Mechanik für Körper, die unter einem allseitigen Normaldruck stehen, ist von Planck[1]) in thermodynamischer Hinsicht behandelt. Auch durch rein mechanische Betrachtungen lassen sich aber über das Verhalten solcher Körper einige Schlüsse ziehen, wie ich unten zu zeigen suche. In einer folgenden Mitteilung beabsichtige ich, die Betrachtungen auf Körper, in denen auch Tangentialspannungen auftreten, auszudehnen.

Die Betrachtungen will ich auf die von Abraham[2]) modifizierte Minkowskische Mechanik gründen, und in Anschluß hierzu annehmen, daß die auftretenden Kräfte sich aus vierdimensionalen Tensoren ableiten. Ich bin früher für einen von dem Abrahamschen abweichenden Kraftbegriff aufgetreten[1]), der aber, wie Abraham gezeigt hat[2]), mit der Planckschen Relativitätsthermodynamik nicht vereinbar ist. Im folgenden werde ich, wie gesagt, den Abrahamschen Kraftbegriff benutzen, will aber hierdurch keine bestimmte Ansicht über die Richtigkeit des einen oder anderen der beiden Begriffe aussagen.

Abraham betrachtet in den zitierten Arbeiten nur Körper, deren jedes Teilchen sein Ruhvolumen mit der Zeit nicht verändert. Damit seine Bewegungsgleichungen bei beliebiger Deformation des Mediums gelten sollen, hat man nach meiner Ansicht dieselben etwas zu modifizieren, und diese Verallgemeinerung habe ich in der zitierten Mitteilung gemacht [l. c. Gl. (4′)].

Wir bezeichnen mit $\mathfrak{K}_x$, $\mathfrak{K}_y$, $\mathfrak{K}_z$, $\mathfrak{K}_u$ $(u = ict)$ die vier Komponenten der ponderomotorischen Kraft pro Volumeneinheit, die ein Vierervektor ist, mit a_x, a_y, a_z, a_u die Komponenten des Minkowskischen Bewegungsvektors und mit γ die Ruhmassendichte (vierdimensionaler Skalar). Dann lauten die allgemeinen Bewegungsgleichungen, auf die wir uns stützen wollen,

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{K}_x &= \frac{\partial}{\partial x}\gamma a_x^2 + \frac{\partial}{\partial y}\gamma a_x a_y + \frac{\partial}{\partial z}\gamma a_x a_z \\ &\quad + \frac{\partial}{\partial u}\gamma a_x a_u, \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \mathfrak{K}_u &= \frac{\partial}{\partial x}\gamma a_u a_x + \frac{\partial}{\partial y}\gamma a_u a_y + \frac{\partial}{\partial z}\gamma a_u a_z \\ &\quad + \frac{\partial}{\partial u}\gamma a_u^2.\end{aligned}\right| \quad (1)$$

Wir betrachten nun ein materielles Fluidum, innerhalb dessen ein örtlich und zeitlich veränderlicher Normaldruck p herrscht. Der Normaldruck ist, wie Planck[3]) und Sommerfeld[4]) gezeigt haben, bei Lorentz-Transformationen invariant, also ein vierdimensionaler Skalar. Es drückt — wenigstens für den Fall der Ruhe — der negative Druckgradient $-\nabla p$ die von dem Druck p herrührende ponderomotorische Kraft pro Volumeneinheit aus. Nehmen wir nun nach dem früher Gesagten an, daß diese ponderomotorische Kraft sich allgemein aus einem vierdimensionalen Tensor ableitet, indem

1) M. Planck, Berl. Sitzungsber. 1907, S. 542.
2) M. Abraham, diese Zeitschr. 10, 737, 1909; Rend. Circ. Matem. Palermo, 30, 1910: Sull' elettrodinamica di Minkowski, § 4.

1) G. Nordström, diese Zeitschr. 11, 440, 1910.
2) M. Abraham, diese Zeitschr. 11, 527, 1910.
3) M. Planck, l. c.
4) A. Sommerfeld, Ann. d. Phys 32, 773, 1910.

$$\left.\begin{aligned}
\mathfrak{K}_x &= \frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial X_y}{\partial y} + \frac{\partial X_z}{\partial z} + \frac{\partial X_u}{\partial u},\\
\mathfrak{K}_y &= \frac{\partial Y_x}{\partial x} + \frac{\partial Y_y}{\partial y} + \frac{\partial Y_z}{\partial z} + \frac{\partial Y_u}{\partial u},\\
\mathfrak{K}_z &= \frac{\partial Z_x}{\partial x} + \frac{\partial Z_y}{\partial y} + \frac{\partial Z_z}{\partial z} + \frac{\partial Z_u}{\partial u},\\
\mathfrak{K}_u &= \frac{\partial U_x}{\partial x} + \frac{\partial U_y}{\partial y} + \frac{\partial U_z}{\partial z} + \frac{\partial U_u}{\partial u},
\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

wo

$$X_y = Y_x,\ X_z = Z_x,\ X_u = U_x \text{ usw.,}$$

so ist in dem betrachteten Falle der Ruhe

$$\left.\begin{aligned}
X_x &= Y_y = Z_z = -p,\\
X_y &= X_z = X_u = Y_z = Y_u = Z_u = 0.
\end{aligned}\right\} \quad (3)$$

Durch eine Lorentz-Transformation gehen wir zu dem Falle der Bewegung über. Durch diese Transformation soll, wie gesagt, der Normaldruck p sich nicht verändern. Die einfachste Annahme, die das bewirkt, ist, daß man für den Fall der Ruhe annimmt,

$$U_u = -p. \quad (4)$$

Dann ist der vierdimensionale Tensor in (2) ein vierdimensionaler Skalar $-p$, und man findet, wenn man eine Lorentz-Transformation vornimmt, daß die Gleichungen

$$\left.\begin{aligned}
\mathfrak{K}_x = -\frac{\partial p}{\partial x},\ \mathfrak{K}_y = -\frac{\partial p}{\partial y},\ \mathfrak{K}_z = -\frac{\partial p}{\partial z},\\
\mathfrak{K}_u = -\frac{\partial p}{\partial u}
\end{aligned}\right\} \quad (5)$$

auch für bewegte Medien gelten. Wir wollen nun zuerst untersuchen, zu welchen Konsequenzen die Annahme (4) führt. Später wollen wir diese Annahme fallen lassen und die Verhältnisse unter allgemeineren Voraussetzungen behandeln.

Zu dem erstgenannten Zweck haben wir die Gleichungen (5) mit den Bewegungsgleichungen (1) zu verknüpfen, indem wir annehmen, daß innerhalb des Fluidums keine anderen Kräfte wirken, als die von dem Druck p herrührenden. Die letzte der Gleichungen (1) lautet, wenn man die gewöhnliche Geschwindigkeit $\mathfrak{v}$ und die gewöhnliche Massendichte δ einführt und die Bezeichnungen der dreidimensionalen Vektoranalysis benutzt,

$$-ic\mathfrak{K}_u = c^2\left\{\operatorname{div}\frac{\delta\mathfrak{v}}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}} + \frac{\partial}{\partial t}\frac{\delta}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}}\right\}. \quad (6)$$

Es ist hier der Einfachheit halber $\mathfrak{q} = \frac{\mathfrak{v}}{c}$ gesetzt, und weiter ist

$$\mathfrak{q}_x = \frac{\mathfrak{v}_x}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}}, \quad \ldots, \quad \mathfrak{q}_u = \frac{ic}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}},$$

$$\gamma = \delta\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}.$$

Für $-ic\mathfrak{K}_u$ erhält man noch, wie ich in der zitierten Mitteilung [Gl. (8′)] gezeigt habe, den allgemeinen Ausdruck

$$-ic\mathfrak{K}_u = \mathfrak{K}\mathfrak{v} + c^2\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}\left\{\operatorname{div}\delta\mathfrak{v} + \frac{\partial\delta}{\partial t}\right\}. \quad (7)$$

Wenn das Volumen eines Massenelements mit dv bezeichnet wird, so ist

$$dv\left\{\operatorname{div}\delta\mathfrak{v} + \frac{\partial\delta}{\partial t}\right\} = \frac{d}{dt}(\delta dv) = \frac{d}{dt}dm$$

die zeitliche Veränderung der Masse $dm = \delta dv$ des Teilchens. Gl. (7) zeigt also, daß die ponderomotorische Kraft im Falle der Ruhe nur dann eine energetische Komponente $\mathfrak{K}_u$ haben kann, wenn die Masse der Materie sich zeitlich verändert. Nach der letzten der Gleichungen (5) muß also eine Druckveränderung eine Veränderung der Masse hervorrufen. Wegen

$$\mathfrak{K} = -\nabla p, \quad -ic\mathfrak{K}_u = \frac{\partial p}{\partial t}, \quad (5a)$$

erhält man

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \mathfrak{v}\nabla p = c^2\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}\left\{\operatorname{div}\delta\mathfrak{v} + \frac{\partial\delta}{\partial t}\right\}$$

oder, wenn man die zeitliche Veränderung des Druckes in einem mitbewegten Punkte mit $\frac{dp}{dt}$ bezeichnet,

$$\frac{dp}{dt}dv = c^2\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}\frac{d}{dt}(\delta dv). \quad (8)$$

Es ist $\delta dv = dm$ ein vierdimensionaler Skalar; wenn man die Eigenzeit τ und das Ruhvolumen $dv_0 = \frac{dv}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}}$ des Teilchens einführt, so hat man

$$\frac{dp}{d\tau}dv_0 = c^2\frac{d}{d\tau}(\gamma dv_0) = c^2\frac{d}{d\tau}dm. \quad (9)$$

Die Gleichungen (8) und (9) drücken das Gesetz der Massenveränderung aus[1]).

Wir wollen uns nun zum Energiesatz wenden und behandeln hierbei nur adiabatische Vorgänge. Der Energiesatz wird durch folgende Gleichung ausgedrückt, welche unmittelbar aus (6) und (5a) hervorgeht,

$$\operatorname{div}\frac{c^2\delta\mathfrak{v}}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}} + \frac{\partial}{\partial t}\left\{\frac{c^2\delta}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}} - p\right\} = 0. \quad (10)$$

Es ist hier

$$\frac{c^2\delta\mathfrak{v}}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}} = \mathfrak{S} \quad (11)$$

der Energiestrom und

$$\frac{c^2\delta}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}} - p = \psi \quad (12)$$

die Energiedichte. Daß die Gleichung (10) wirklich den Energiesatz ausdrückt, erhellt sofort,

1) Eine mit (8) identische Gleichung hat W. v. Ignatowsky abgeleitet, auf die Planckschen thermodynamischen Betrachtungen sich stützend: diese Zeitschr. 12, 442, Gl. (40), 1911. Oben ist die Gleichung rein aus der Mechanik gefunden.

wenn man sie mit dv multipliziert und etwas umformt. Man hat bekanntlich

$$\frac{\partial p}{\partial t}\,dv = \frac{d}{dt}(p\,dv) - \operatorname{div} p\mathfrak{v}\cdot dv,$$

und die mit dv multiplizierte Gleichung (10) schreibt sich

$$-\operatorname{div} p\mathfrak{v}\cdot dv = \frac{d}{dt}\left\{\left(\frac{c^2\delta}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}} - p\right)dv\right\}. \quad (13)$$

Es ist ja $-\operatorname{div} p\mathfrak{v}\cdot dv$ die auf das betrachtete Teilchen von außen durch den Druck p ausgeübte Arbeit, welche bei adiabatischer Deformation dem Energiezuwachs des Teilchens gleich sein muß.

Im Ausdruck (12) für die Energiedichte ist das Auftreten von p mit negativem Vorzeichen zu bemerken. Der Zuwachs der Masse durch Druckvermehrung bringt es doch mit sich, daß eine adiabatische Kompression immer eine Vergrößerung der Energie zur Folge hat.

Wir wollen noch bemerken, daß die gefundenen Resultate in vollem Einklang mit den von Planck[1]) abgeleiteten Transformationsgleichungen für die Energie und die Bewegungsgröße stehen. Die Dichte $\mathfrak{g}$ der Bewegungsgröße ist, wie man aus den Bewegungsgleichungen sieht, gleich dem durch c^2 dividierten Energiestrom; es ist

$$\mathfrak{g}_x = \frac{\delta\mathfrak{v}_x}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}},\quad \mathfrak{g}_y = \frac{\delta\mathfrak{v}_y}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}},\quad \mathfrak{g}_z = \frac{\delta\mathfrak{v}_z}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}}. \quad (14)$$

Wenn man die Gleichungen (12) und (14) mit dv multipliziert und dieselben dann einer Lorentz-Transformation unterwirft, findet man leicht ihre Übereinstimmung mit den in der zitierten Arbeit von Planck angegebenen Transformationsgleichungen (33), (28) und (29).

Die bisherigen Betrachtungen stützen sich auf die Annahme (4). Diese Annahme ist aber nicht notwendig, um die Forderung aufrecht zu erhalten, daß der Druck ein vierdimensionaler Skalar sein soll. Wenn nämlich eine von dem Druck verursachte Bewegungsgröße auftritt, deren Dichte $\mathfrak{g}^p$ nach (2) die Komponenten

$$\mathfrak{g}^p_x = \frac{i}{c}X_u,\quad \mathfrak{g}^p_y = \frac{i}{c}Y_u,\quad \mathfrak{g}^p_z = \frac{i}{c}Z_u \quad (15)$$

hat, so sind nicht mehr $-X_x$, $-Y_y$, $-Z_z$ gleich dem Normaldruck p. Der Druck ist in diesem Falle so zu berechnen, wie der Druck auf bewegte Flächen in der Elektrodynamik. Die Druckkraft auf ein Flächenelement, das wir als einen Vektor $d\mathfrak{f}$ auffassen, hat die Komponenten

$$\begin{aligned}
p\,d\mathfrak{f}_x &= -X_x d\mathfrak{f}_x - X_y d\mathfrak{f}_y - X_z d\mathfrak{f}_z - \mathfrak{g}^p_x\cdot\mathfrak{v}\,d\mathfrak{f},\\
p\,d\mathfrak{f}_y &= -Y_x d\mathfrak{f}_x - Y_y d\mathfrak{f}_y - Y_z d\mathfrak{f}_z - \mathfrak{g}^p_y\cdot\mathfrak{v}\,d\mathfrak{f}, \quad (16)\\
p\,d\mathfrak{f}_z &= -Z_x d\mathfrak{f}_x - Z_y d\mathfrak{f}_y - Z_z d\mathfrak{f}_z - \mathfrak{g}^p_z\cdot\mathfrak{v}\,d\mathfrak{f}.
\end{aligned}$$

Indem wir also nunmehr die Annahme $U_u = -p$ fallen lassen, bezeichnen wir U_u für den Fall der Ruhe mit U_0. Da jeder Punkt der Materie sich auf Ruhe transformieren läßt, ist U_0 für jeden Raumzeitpunkt der Materie eine bestimmte Größe: ein vierdimensionaler Skalar. U_0 kann als „die vom Druck verursachte Ruhenergiedichte" bezeichnet werden und ist als eine Funktion von den Zustandsvariablen der Ruhe zu betrachten.

Für den Fall der Ruhe setzen wir also voraus:

$$X_x = Y_y = Z_z = -p,\ U_u = U_0,$$
$$X_y = X_z = X_u = Y_z = Y_u = Z_u = 0.$$

Durch eine Lorentz-Transformation finden wir nun für den Fall der Bewegung

$$\begin{aligned}
&X_x = -p - \frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_x^2,\ Y_y = -p - \frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_y^2,\\
&Z_z = -p - \frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_z^2,\ U_u = -p - \frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_u^2,\\
&X_y = -\frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_x\mathfrak{a}_y,\ X_z = -\frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_x\mathfrak{a}_z,\\
&X_u = -\frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_x\mathfrak{a}_u \quad \text{usw.} \quad (17)
\end{aligned}$$

Hieraus ergibt sich nach (15) für die Dichte der Bewegungsgröße $\mathfrak{g}^p$

$$\mathfrak{g}^p = \frac{(p+U_0)\mathfrak{v}}{c^2(1-\mathfrak{q}^2)}. \quad (18)$$

Wenn wir die Ausdrücke (17) und (18) in die Gleichungen (16) einführen, finden wir, daß diese Gleichungen identisch erfüllt werden, und daß also in der Tat die auf ein Flächenelement $d\mathfrak{f}$ ausgeübte Kraft ein Normaldruck ist, dessen Betrag pro Flächeneinheit vom Bezugssystem unabhängig ist. Wir sehen auch hierdurch, daß, wie Sommerfeld gezeigt hat, die Invarianz des Druckes eine allgemeine Folgerung des Relativitätsprinzips ist.

Für die ponderomotorische Kraft pro Volumeneinheit finden wir nach (2)

$$\begin{aligned}
\mathfrak{K}_x &= -\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x}\frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_x^2 - \frac{\partial}{\partial y}\frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_x\mathfrak{a}_y\\
&\quad - \frac{\partial}{\partial z}\frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_x\mathfrak{a}_z - \frac{\partial}{\partial u}\frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_x\mathfrak{a}_u.\\
&\text{— — — — — — — — — — — — — —}\\
&\text{— — — — — — — — — — — — — —}\\
\mathfrak{K}_u &= -\frac{\partial p}{\partial u} - \frac{\partial}{\partial x}\frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_u\mathfrak{a}_x - \frac{\partial}{\partial y}\frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_u\mathfrak{a}_y\\
&\quad - \frac{\partial}{\partial z}\frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_u\mathfrak{a}_z - \frac{\partial}{\partial u}\frac{p+U_0}{c^2}\mathfrak{a}_u^2,
\end{aligned} \quad (19)$$

[1]) M. Planck, l. c.

und wenn wir das Gleichungssystem mit den Bewegungsgleichungen (1) verknüpfen, ergibt sich

$$\left.\begin{aligned} -\frac{\partial p}{\partial x} &= \frac{\partial}{\partial x}\left(\gamma + \frac{p+U_0}{c^2}\right)\mathfrak{a}_x^2 \\ &+ \frac{\partial}{\partial y}\left(\gamma + \frac{p+U_0}{c^2}\right)\mathfrak{a}_x\,\mathfrak{a}_y \\ &+ \frac{\partial}{\partial z}\left(\gamma + \frac{p+U_0}{c^2}\right)\mathfrak{a}_x\,\mathfrak{a}_z \\ &+ \frac{\partial}{\partial u}\left(\gamma + \frac{p+U_0}{c^2}\right)\mathfrak{a}_x\,\mathfrak{a}_u, \end{aligned}\right| \qquad (20)$$

und drei entsprechende Gleichungen für die übrigen Weltachsenrichtungen. Ein Vergleich mit (1) zeigt nun, daß die Bewegung genau so stattfindet, als ob die ponderomotorische Kraft nicht durch die Gl. (19), sondern durch die Gl. (5) angegeben wäre, und die Ruhmassendichte

$$\gamma' = \gamma + \frac{p+U_0}{c^2} \qquad (21)$$

wäre. Alle Verhältnisse in dem nun betrachteten allgemeinen Falle sind genau dieselben wie die aus der Annahme (4) folgenden, nur werden die Kraft und die Masse anders aufgefaßt. An Stelle der Dichte δ in unseren früheren Gleichungen tritt die Größe

$$\delta' = \delta + \frac{p+U_0}{c^2\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}}, \qquad (22)$$

der also nun dieselbe physikalische Bedeutung zukommt, wie früher der Dichte.

Die Größe

$$\gamma'\,dv_0 = \delta'\,dv = dm',$$

die als Summe der „wahren Masse" γdv_0 und der „scheinbaren Masse"

$$\frac{p+U_0}{c^2}\,dv_0 = \frac{p+U_0}{c^2\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}}\,dv$$

eines Teilchens aufgefaßt werden kann, verändert sich mit der Zeit nach genau denselben Gesetzen wie die Masse $\gamma dv_0 = dm$ in der aus der Annahme (4) folgenden Theorie. Man hat entsprechend Gl. (9)

$$\frac{dp}{d\tau}\,dv_0 = \frac{d}{d\tau}\left\{(c^2\gamma + p + U_0)\,dv_0\right\} = c^2\frac{d}{d\tau}\,dm'. \qquad (23)$$

Die Größe U_0 ist, wie früher gesagt, allgemein als eine Funktion der Zustandsvariablen für den Fall der Ruhe zu betrachten, und nach der allgemeinen Elastizitätstheorie hat diese Funktion die Eigenschaft, daß für adiabatische Prozesse

$$-p\frac{dv_0}{d\tau} = \frac{d}{d\tau}(U_0\,dv_0)$$

ist. Dann verändert sich, wie man aus (23) leicht sieht, bei solchen Prozessen nicht die wahre Masse γdv_0, sondern nur die scheinbare.

Als Energiegleichung erhält man eine Gleichung, die mit (10) identisch ist, nur δ' anstatt δ enthält. Es ist der gesamte Energiestrom

$$\mathfrak{S} = \frac{c^2\delta'\mathfrak{v}}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}} = \frac{c^2\delta\mathfrak{v}}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}} + \frac{(p+U_0)\mathfrak{v}}{1-\mathfrak{q}^2}, \qquad (24)$$

und die gesamte Energiedichte

$$w = \frac{c^2\delta'}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}} - p = \frac{c^2\delta}{\sqrt{1-\mathfrak{q}^2}} + \frac{p+U_0}{1-\mathfrak{q}^2} - p. \qquad (25)$$

Die Gesamtdichte der Bewegungsgröße ist gleich $\frac{1}{c^2}\mathfrak{S}$. Die Transformationsgleichungen von Planck sind natürlich auch nun erfüllt.

Wir haben nun gezeigt, daß in der im Anfang gemachten Annahme (4) keine Spezialisierung der Theorie liegt, sondern nur eine Spezialisierung der Begriffe. Diese Annahme ist also vollkommen berechtigt. Ihre Folgerung, daß eine Druckveränderung eine Massenveränderung bewirken muß, hat ja nach den jetzigen Anschauungen an sich auch nichts Bedenkliches.

Als das Obenstehende geschrieben war, ist das Buch von Laue „Das Relativitätsprinzip" erschienen, wo in § 24 u. f. dieselben Aufgaben wie hier behandelt sind. Soweit ich sehe, stehen meine Resultate im Einklang mit den von Laue gefundenen. In mancher Hinsicht unterscheiden sich aber unsere Betrachtungen voneinander, und deswegen dürfte auch die Veröffentlichung des Obenstehenden gerechtfertigt sein.

Göttingen, 30. Juni 1911.

(Eingegangen 3. Juli 1911.)

Bestimmung des Ionengehaltes auf dem Atlantischen Ozean.

Von Georg Berndt.

Bei der Rückkehr von Europa nach Buenos Aires im März dieses Jahres mit dem Dampfer „Gotha" des Norddeutschen Lloyd nahm ich Gelegenheit, eine Reihe luftelektrischer Messungen an Bord auszuführen. Nach der Ebertschen Theorie[1]) sollte man, unter sonst gleichbleibenden Bedingungen, eine Abnahme des Ionengehaltes mit der Entfernung vom Lande erwarten, da nach den bisher vorliegenden Untersuchungen die durch den Wind vom Lande her übers Meer getragene Emanation die hauptsächliche, wenn nicht die ausschließliche Quelle der Ionisierung ist[2]). Um diese Frage zu prüfen, bestimmte ich vor allem den Ionengehalt. Zu diesem Zweck stand mir ein Ebertscher Ionenaspirator von Günther & Tegetmeyer mit Wulfschem Elektrometer und eingebautem Anemo-

1) H. Ebert, diese Zeitschr. **5**, 135, 1904.
2) Siehe z. B: A. S. Eve, diese Zeitschr. **8**, 286, 1907.

meter[1]) zur Verfügung. Die Isolierung desselben war vorzüglich; obwohl z. B. gelegentlich abends das Außenrohr des Kondensators mit einer Haut von kondensiertem Wasser bedeckt war, war der Isolationsverlust doch nur 0,1 bis 0,2 Skt. in 15 Min. Trocknung mit Natrium machte sich nur einmal notwendig, nachdem die Apparate durch einen plötzlich hereinbrechenden Tropenregen naß geworden waren. Wie ich vorgreifend bemerken will, war der Ionengehalt über See verhältnismäßig gering, so daß die Beobachtungsdauer des durch die Ionen bedingten Ladungsverlustes auf 15 Min. ausgedehnt werden mußte. Da ich nacheinander mit positiver und negativer Ladung (in wechselnder Reihenfolge beobachtete, so war die Dauer jedes Versuches (einschl. Zeit zur Bestimmung der Isolationsverluste sowie zur Umpolarisierung des Bernsteins) etwa $1^1/_2$ Stunden. Die täglichen Beobachtungstermine waren $6^1/_2$—8^h a. m., $1^1/_4$ bis $2^3/_4{}^h$ p. m. und $7^3/_4$—$9^1/_4{}^h$ p. m.; ich werde sie kurz bezeichnen als 8^h a. m., 2^h p. m. und 8^h p. m. Zu diesen Stunden wurden gleichzeitig beobachtet: Potentialgefälle, Luftdruck, Luft- und Wassertemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Bewölkung, Transparenz der Luft, Windrichtung und -stärke, sowie der Seegang. Für das Potentialgefälle wurde ein Apparat von Günther & Tegetmeyer — Ebonitstativ mit Lutzschem windsicherem Kerzenflammenkollektor (der sich auch bei stärkerem Winde vorzüglich bewährte) und Wulfsches Elektrometer — benutzt. Die Luftfeuchtigkeit wurde mit einem Haarhygrometer bestimmt, dessen Einstellung auf 100 Proz. gelegentlich kontrolliert wurde; bei dem täglich notwendigen Transport der Apparate möchte ich seine Angaben aber doch nur auf etwa +10 Proz. genau halten. Die Lufttemperatur wurde an einem im Hygrometergehäuse befindlichen Quecksilberthermometer abgelesen; die Größe der Bewölkung (in 8 Stufen) und die Transparenz (0 bis 4; 0 völlig klar) geschätzt. Luftdruck (nach den gleichzeitigen Temperaturangaben von mir auf 0^0 reduziert), Wassertemperatur, Windrichtung und -stärke (letztere nach der zwölfteiligen Beaufortschen Skala), Seegang und Schiffsort wurden aus dem Schiffsjournal entnommen. Für die Zeit 2^h p. m. wurden die Mittel aus den Eintragungen um 12^h und 4^h p. m. gewählt.

Als günstigster Beobachtungsplatz wurde die Ladeluke auf der Back (etwa $7^1/_2$ m über dem Wasserspiegel), und zwar wegen der vorherrschenden Ostrichtung der Winde, an der Steuerbordseite gewählt. Der Ionenaspirator war zwar so dem Erdfelde nicht völlig entzogen, doch war er elektrostatisch so gut geschützt, daß sich ein Einfluß desselben nicht bemerkbar machte. Unangenehmer war, daß er auf dem freien Standplatz der Sonnenstrahlung direkt ausgesetzt war; doch wurde dieser Nachteil der festen Aufstellungsmöglichkeit wegen mit in den Kauf genommen. Der Apparat stand zunächst so, daß der Platz des Beobachters auf der Steuerbordseite der Luke war. Später wurde er um 90^0 gedreht, da das Stampfen des Schiffes die Beobachtungen in der ursprünglichen Stellung unmöglich machte. Bei starkem Winde erwies es sich als notwendig, um die Turbine lose ein Stück Packpapier zu legen, da sonst der hineinblasende Wind die Fördermenge derart verringerte, daß ihre genaue Bestimmung nicht mehr möglich war. Starke Schwankungen des Schiffes erschwerten die Ablesung oft wesentlich. In diesem Falle beobachtete ich meist — sowohl zu Beginn wie zum Schluß der 15 Min. — die kleinsten Spreizungen der Quarzfäden. Daß diese Methode zulässig ist, beweisen die Ablesungen zur Bestimmung des Isolationsverlustes. — Die zu den Abendbeobachtungen notwendige Beleuchtung erfolgte durch eine elektrische Glühlampe. Das Hygrometer stand, soweit nichts anderes bemerkt ist (Schatten!), neben dem Aspirator.

Als definitiver Standort wurde für den Flammenkollektor ein weiter nach der Reling zu gelegener Platz gewählt, da so die Flammengase vom Aspirator fortgeweht wurden; in der Tat hat sich nie ein Einfluß derselben auf die Ionisierungsmessungen ergeben. Selbstverständlich haben die Messungen des Potentialgefälles nur relativen Wert, da das Erdfeld außerordentlich stark gestört ist. Eine Reduzierung auf normales Feld, die ich ursprünglich geplant hatte, mußte aus äußeren Gründen unterbleiben[1]). Immerhin scheinen mir diese relativen Messungen doch ausreichend, um etwaige außergewöhnliche luftelektrische Störungen festzustellen, die eventuell extreme Werte der Ionisierung hervorrufen können. Bei der Messung des Potentialgefälles machten sich die Schiffsschwankungen viel stärker bemerkbar, da dadurch die Höhe des Beobachtungsspiegels über dem Wasserspiegel geändert wurde. Die mitgeteilten Zahlen sind die Mittel aus den größten und kleinsten beobachteten Werten. — Nach Angabe der Fabrikanten zeigt die Flamme das Potential eines Punktes an, der 9 cm über dem oberen Kollektorrande liegt. —

Da ich erst in La Coruña (Spanien) an Bord stieg und die Kisten mit den notwendigen Appa-

1) M. Rosenmüller, diese Zeitschr. 11, 850, 1910.

1) Die Apparate mußten nach der Ankunft in Buenos Aires etwa 4 Wochen im Zollamt liegen bleiben.

raten aus einer großen Zahl anderer herausgesucht werden mußten, konnte ich erst auf der Höhe zwischen Madeira und den Kanarischen Inseln am 7. März mit den Versuchen beginnen. Bei diesen ersten Beobachtungen waren manche Schwierigkeiten zu überwinden und Erfahrungen zu sammeln; deshalb möchte ich ihnen nicht denselben Wert beilegen, wie denen der folgen-

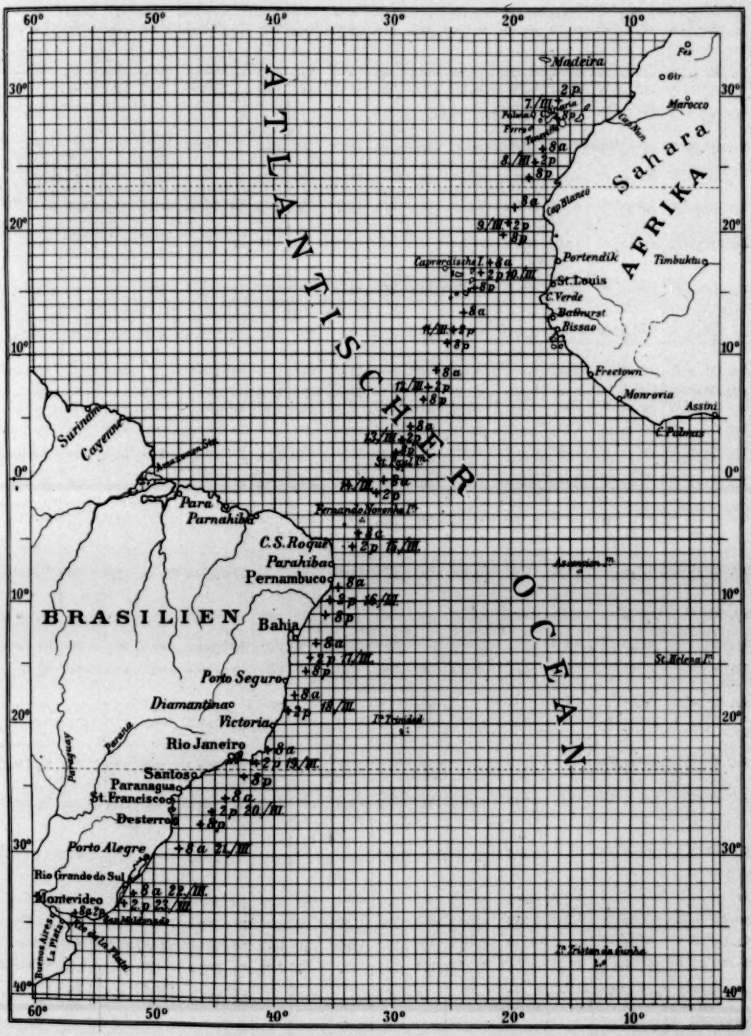


Tabelle 1.

Datum	Z	B	L	E_+	E_-	U	n_+	n_-	Σ	u	Q	F	b	t_L	t_w	f	Bw	T
7. März	2p.	29° 43′ N	15° 55′ W	0,322	0,110	0,213	736	236	972	500	3,13		768,8	30,0	17,3	42	4/8 Cu	1/2
	8p.	28° 35′ N	16° 4′ W	0,207	0,219	—0,011	446	470	916	—25	0,95		768,1	15,8	18,0	86	6/8 Cu	1/2
8. „	8a.	26° 11′ N	17° 12′ W	0,279	0,113	0,166	600	243	843	357	2,47		768,1	20,0	19,2	69	1/8 Cu	fast 0
	2p.	25° 10′ N	17° 50′ W	0,341	0,184	0,157	733	395	1128	438	1,85		768,2	34,6	19,2	40	1/8 Cu	0
	8p.	24° 5′ N	18° 23′ W		0,164			353					767,7	16,6	19,6	86	3/8 Cu	0
9. „	8a.	21° 57′ N	19° 29′ W	0,421	0,369	0,052	906	794	1700	113	1,14		767,1	18,8 26,8	19,2	82 50	5/8 Cu Ni 1/8 Cu	0
	2p.	20° 47′ N	20° 6′ W	0,531	0,492	0,039	1141	1034	2174	107	1,08	52	766,1	26,6 37,4	19,6	53 35	7/8 Cu Ni 3/8 Cu	0
	8p.	19° 42′ N	20° 38′ W	0,341	0,383	—0,043	732	825	1557	—92	0,89	54	766,4	17,5	19,0	100	4/8 Cu 0	0
10. „	8a.	17° 33′ N	21° 41′ W	0,354	0,322	0,032	761	692	1453	68	1,10	48	765,9	18,6 22,6	19,0	90 76	4/8 Cu	0
	2p.	16° 44′ N	22° 24′ W	0,389	0,305	0,084	836	656	1492	180	1,27	49	764,4	28,0	20,2	55	5/8 Cu	0
	8p.	15° 18′ N	22° 56′ W	0,358	0,220	0,138	770	473	1244	297	1,63	92	758,4	18,0	20,0	99	5/8 Cu	0
11. „	8a.	13° 9′ N	23° 58′ W	0,301	0,186	0,116	648	400	1048	248	1,59	85	763,6	19,4 24,4	21,0	78 62	6/8 Cu Ni 2/8 Cu	0
	2p.	11° 58′ N	24° 40′ W	0,305	0,269	0,035	655	579	1234	75	1,13	66	761,5	39,3	22,6	38	5/8 Cu	0
	8p.	10° 53′ N	25° 10′ W	0,227	0,160	0,067	488	345	833	143	1,41	79	761,7	20,9	22,5	86	6/8 Cu	1/2
12. „	8a.	8° 45′ N	26° 12′ W	0,287	0,255	0,033	618	548	1166	70	1,14	42	762,2	23,9	23,6	85	5/8 Cu Ni	1/2
	2p.	7° 21′ N	26° 51′ W	0,278	0,202	0,076	597	434	1031	163	1,38	71	760,0	39,8	24,8	44	0—1/8 Cu	1
	8p.	6° 27′ N	27° 22′ W	0,252	0,202	0,049	541	435	976	106	1,24	61	761,2	23,3	25,5	96	8/8 Cu	1
13. „	8a.	4° 19′ N	28° 25′ W	0,284	0,159	0,125	610	342	951	268	1,78	85	760,9	27,2 31,0	25,8	91 72	7/8 Cu	1
	2p.	3° 12′ N	29° 9′ W	0,296	0,243	0,054	637	522	1159	115	1,22	77	759,3	31,4	27,0	78	6/8 Cu Ni	1
	8p.	2° 8′ N	29° 39′ W	0,189	0,139	0,050	407	299	706	107	1,36	51	760,0	24,5	26,7	100	8/8 Cu Ni	2
14. „	8a.	0° 2′ S	30° 40′ W	0,314	0,311	0,004	676	668	1345	8	1,01	40	760,3	26,6	26,7	82	3/8 Cu (Ni)	fast 0
	2p.	1° 10′ S	31° 19′ W	0,279	0,155	0,123	599	334	933	266	1,80	97	759,4	>41	27,4	38	3/8 Cu	0
	8p.																	
15. „	8a.	4° 29′ S	32° 48′ W	0,392				844					760,5	34,8	27,2	73	7/8 Cu	1
	2p.	5° 35′ S	33° 21′ W	0,472	0,432	0,040	1015	929	1944	86	1,09	34	759,2	29,3	27,3	79	6/8 Cu	1—2
	8p.																	
16. „	8a.	8° 54′ S	34° 37,5′ W									39	760,4	27,7	27,4	85	8/8 Cu Ni	1
	2p.	9° 58′ S	35° 11′ W	0,395	0,311	0,084	850	669	1519	180	1,27	42	759,0	>41	27,1	42	3/8 Cu	1
	8p.	11° 4′ S	35° 35′ W		0,425			913					759,3	26,7	27,5	86	0—1/8 Cu	0
17. „	8a.	13° 19′ S	36° 25, W	0,403	0,325	0,078	926	699	1624	227	1,32	30	760,5	27,4	27,3	82	3/8 Cu	0
	2p.	14° 22′ S	36° 59′ W	0,402	0,359	0,043	865	772	1537	83	1,12	31	760,4	>41	27,4	33	3/8 Cu	0
	8p.	15° 28′ S	37° 23′ W	0,399	0,339	0,061	859	728	1587	130	1,18	38	761,9	26,4	27,3	90	4/8 Cu	1/2
18. „	8a.	17° 43′ S	38° 14,5′ W	0,359	0,328	0,031	773	705	1477	67	1,09	71	763,8	25,7	26,0	93	1/8 Cu (Ni	0
	2p.	18° 58′ S	38° 53′ W		0,227			487				56	761,9	31,7 38,0	26,5	74 45	2/8 Cu Ni	0
	8p.																	

Tabelle 1.

W	*St*	*D*		*UW*	*d*	Insel	Wind weht	Seegang	Bemerkungen
NNO	6	353		See	111	Canarische Inseln	gegen Insel	grobe See und Dünung	Schiff rollt; Rauch zieht in der Höhe über den Beobachtungsplatz, auf den viel Ruß fliegt.
NNO	6	254		See	20		„ „	„ „ „ „	„ „
NNO	4	230		See	220		von Insel	lebhaft bewegte See, NNO-Dünung	„ „
NNO	3—4	220		See	305		„ „	mäßig bewegte See, NNO-Dünung	„ „; Besser wie am 7. März; es fliegt aber noch Ruß auf die Back.
NNO	3—4	220		See	470	„	„ „	„ „ „, ziemlich grobe NNW- und NO-Dünung	„ „
NNO	3	210		See				mäßig bewegte See, NO-Dünung	„ „
NO	3—4	310		Land				„ „ „ „	„ „; Es fliegt Ruß auf die Back.
NO	3—4	375		Land				„ „ „ „	„ „
NO	5	583	von Afrika	Land	160		gegen Insel	„ „ „ „	*Cu*, zuweilen mit *Ni* untermischt.
NO	4—5	590		Land	70	Cap Verdische Inseln	„ „	ziemlich grobe bis lebhaft bewegte See, NO-Dünung	12^h: Schiff stampft und rollt leicht. 2^h: Gegenüber den Cap Verdischen Inseln.
NO	4—5	640		Land	54		„ „	lebhaft bewegte See, NO-Dünung	In der Nähe der Cap Verdischen Inseln.
NO	5	650		Land	220			ziemlich grobe See, NO-Dünung	
NO	5	870		Land	280	„		„ „ „ „	Schiff stampft leicht.
NO	4—3	940		Land	440			mäßig bewegte „ „	
NO	3	1155		Land	680	„		leicht „ „ „	
NO	4	1330		Land	830	„ St. Paul		„ „ „ „	Im Schatten: $t_L = 27{,}3^0$, $f = 64\,\%$
NO	2	1390		Land	990 640	Cap Verd. I. St. Paul	„ „	„ „ „, leichte NO-Dünung	
NO	3—2	1300		See	340		„ „	leicht bewegte See, NO-Dünung	Für Afrika: $D = 1650$ km; *UW*: Land.
NO Mallung	2	1100		See	230	St. Paul	„ „	„ „ „ „	Für Afrika: $D = 1700$ km; *UW*: Land. Leichte Regenschauer. Viel Flugasche und Ruß weht auf die Back.
SO	1—2	1000		See	140			„ „ „ „	Leichte Regenschauer.
OSO	2—3	770		See	170	„		„ „ „, SO-Dünung	*Na*-Trocknung. Am Schluß der Beobachtung Regen.
OSO—O	3	600		See	220			„ „ „ „	
SSO	2—3	290		See	150	Fernando	„ „	fast ruhige See, SO-Dünung	Vereinzelte Regenschauer.
SO	2—3	200		See	20	Noruña	„ „	leicht bewegte See, SO-Dünung	Von 3^h an heftige Regenschauer.
OSO	3		von Amerika					„ „ „ „	Um $8^1/_2{}^h$ setzt Regen ein.
OSO	3	65		See				„ „ „ „	Schiff stampft leicht. Im Schatten: $t = 30{,}7^0$, $f = 67\,\%$. Werte von *E* unsicher, da die Turbine wegen des Windes sehr langsam lief.
OSO	3—4	155		See				„ „ „ „	Feine Tropfen Seewasser spritzen ins Gesicht. *F* nicht beob., da zu windig.
OSO	3	160		See				„ „ „ „	
OSO	3	210		See				„ „ „, SO- bis OSO-Dünung	Im Schatten: $t_L = 28{,}6^0$, $f = 73\,\%$. Windschutz an Turbine.
OSO	2—3	135		See				leicht bewegte See, OSO-Dünung	
O	2—3	60		See				„ „ „	
O	2—3	45		See				„ „ „, SO-Dünung	12^h: Schiff stampft leicht. 4^h: Mehrere heftige Regenschauer.
									Heftige Regenschauer.

Tabelle I.

Datum	Z	B	L	E_+	E_-	U	n_+	n_-	Σ	u	Q	F	b	t_L	t_w	f	Bw	T
19. März	8a.	22° 8′ S	40°35′ W	0,338	0,275	0,083	727	591	1315	136	1,23	48	763,1	25,3	24,0	100	7/8 Cu Ni	0
	2p.	23°12′ S	41°29′ W	0,256	0,243	0,013	550	522	1071	28	1,05	42	760,8	>41	26,5	34	1/8 Cu	1
	8p.	24°10′ S	42°32′ W	0,347	0,263	0,084	746	565	1311	180	1,32	54	759,8	24,5	26,5	100	2/8 Ni	1
20. „	8a.	25°50′ S	44° 5,5′W	0,300	0,284	0,016	644	610	1254	34	1,06	37	759,4	25,7 / 28,8	25,0	100 / 71	0—1/8 St Ci	1
	2p.	26°49′ S	45°11′ W	0,369	0,345	0,024	793	741	1534	52	1,07	32	758,6	30,2	26,1	78	7/8 Cu Ni	1
	8p.	27°41′ S	46° 4′ W	0,310	0,355	—0,045	667	764	1431	—87	0,87	14	759,9	24,0	24,5	94	1/8 St / 8/8 Cu	2
21. „	8a.	29°27′ S	47°53′ W	0,340	0,210	0,130	732	451	1183	281	1,62	50	767,3	25,8	24,0	70	1/8 / 8/8 Cu Ni	1
	2p.																	
	8p.																	
22. „	8a.	32°51′ S	51°42,5′W	0,359	0,298	0,061	772	641	1415	82	1,21		768,9	22,8	19,8	55	1/8 Cu Ci	1
	2p.	33°26′ S	52°28′ W	0,373	0,303	0,071	803	651	1453	152	1,23		769,0	31,0	20,5	42	fast 0. Cu	2
	8p.																	
23. „	8a.	Um 6½h nahe der Küste / Um 8h im Hafen von Montevideo		0,611	0,398	0,213	1313	855	2168	458	1,53			15,9 / 24,4		93 / 84	5/8 St Ci	1
	2p.	Hafen v. Montevideo		0,829	0,654	0,175	1783	1406	3190	377	1,27			28,6		37	5/8 Cu Ci	0
	8p.																	

den Tage. Da sich die Resultate aber durch Berücksichtigung der Beobachtungen vom 7. März nicht wesentlich ändern, habe ich sie trotzdem mit zur Mittelbildung verwendet. Die Beobachtungen wurden dann regelmäßig zu den angegebenen Terminen fortgesetzt, soweit nicht Regen oder sonstige außergewöhnliche Verhältnisse sie verboten, bis zur Ankunft des Schiffes in Montevideo, die am 23. März erfolgte. — Der Schiffsort zu den einzelnen Beobachtungen ergibt sich aus der Figur (S. 859).

In Tabelle I habe ich zunächst das gesamte Beobachtungsmaterial zusammengestellt. In der 1. Spalte findet sich das Datum, in der 2. die Beobachtungszeit Z, in der 3. und 4. die Breite B und die Länge L des Schiffsortes, in der 5. und 6. die Ionenladungen E_+ und E_-. Dabei ist E berechnet aus der Formel $E = \frac{C \cdot (V - v)}{300 \cdot M}$ (C die Kapazität, V der Ladungsverlust in der Zeit t, v der Ladungsverlust in derselben Zeit bei stillstehender Turbine und M die Fördermenge in m³ in der Zeit t). Es war $C = 16{,}59$ nach Angabe von Günther & Tegetmeyer; die Umrechnung der Elektrometerablesungen in Volt und der Anemometerbeobachtungen in m³ erfolgte mittels der beigegebenen Eichkurven. — In der 7. Spalte ist die Differenz $U = E_+ - E_-$ berechnet. Es folgen in der 8. und 9. Spalte die Ionenzahlen pro cm³ n_+ und n_- $\left(n = \frac{E \cdot 10^{-6}}{4{,}65 \cdot 10^{-10}}\right)$, in der 10. ihre Summe $\Sigma = n_+ + n_-$, in der 11. ihre Differenz $u = n_+ - n_-$, in der 12. der Quotient $Q = E_+/E_- = n_+/n_-$ und in der 13. das Potentialgefälle F in Volt/Metern, das stets positiv war.

In den folgenden Spalten habe ich angegeben den auf 0° reduzierten Barometerstand b, die Lufttemperatur t_L, die Wassertemperatur t_w, die relative Luftfeuchtigkeit f, Bewölkung Bw, Transparenz T, Windrichtung W, Windstärke St, nächste Entfernung vom Festlande D in km, Ursprungsort des Windes UW, nächste Entfernung von den Inseln d in km, Name der Insel bezw. Inselgruppe (Insel), Lage der Insel in bezug auf die Windrichtung (Wind weht), den Seegang, sowie schließlich einige notwendige Bemerkungen. Finden sich für dieselbe Beobachtungszeit zwei Angaben, so bezieht sich die eine auf den Beginn, die andere auf den Schluß des Versuches.

Die im Hafen von Montevideo beobachteten Werte sind extrem hoch, zumal wenn man bedenkt, daß es sich um Beobachtungen auf dem Wasser und nicht auf dem Lande handelt. Leider war es mir aus den oben angegebenen Gründen nicht möglich, wie ich beabsichtigt hatte, die Beobachtungen direkt in Buenos Aires

(Fortsetzung.)

W	*St*	*D*	*UW*	*d*	Insel	Wind weht	Seegang	Bemerkungen
NNO	3	20	See				leicht bewegte See	Schaurig.
O	2—3	25	See				„ „ „ , S-Dünung	Im Schatten: $t_L = 26{,}9^0$, $f = 89\,^0/_0$. Von hier ab Aspirat. in d. um 90° gedr. Stellg.
Östlich	2—3	140	wechselnd				„ „ „ „	Wetterleuchten im NW.
N	2—3	250	Land				„ „ „ „	
Mallung	2	300	wechselnd				„ „ „	Im Schatten: $t_L = 27{,}7^0$, $f = 91\,^0/_0$.
S	4	225	See				„ „ „	Windschutz an Turbine.
WSW	4—5	40	Land				mäßig „ „	
							ziemlich grobe See, SW-Dünung	Schiff stampft u. nimmt Spritzwasser über. Deshalb Beobachtungen nicht möglich.
							„ „ „ „	
Südlich	3—2	135	See				leicht bewegte See, S-Dünung	Schiff stampft; zeitw. Spritztr. Im Schatten: $f = 76\,^0/_0$. Spritztropfen. F nicht mehr beob., dadurch Wegnahme d. Sonnenseg. die Verhältn. geänd. waren.
S—SO	3	200	See				„ „ „ „	
N	2—3	0	Land					Um 4^h a. m., $b = 768{,}3$, $t_w = 19{,}5$.
N	2—3	0	Land					Der Dampfer löscht; Dampfwinden arbeiten.

fortzusetzen und so festzustellen, ob etwa der 23. März in luftelektrischer Beziehung ein exzeptioneller Tag war. Die Beobachtungen werden jetzt aber sofort wieder aufgenommen und über einen größeren Zeitraum fortgesetzt werden.

Aus den mitgeteilten Beobachtungen läßt sich schon ersehen, daß die Ionisierung um 2^h ein Maximum und morgens und abends ein Minimum hat, im Einklang mit sonstigen Beobachtungen. Für U und Q tritt noch keine tägliche Periode hervor, vielleicht hat Q mittags ein Minimum. Diese Tatsachen erklären sich daraus, daß die Ionen, und speziell die negativen, als Kondensationskerne des Wasserdampfs dienen und so in schwer bewegliche Langevin-Ionen verwandelt werden. — Für F ergibt sich in dieser Beziehung kein eindeutiges Resultat.

Den Einfluß der Entfernung sieht man am besten bei den Tagesmitteln der Ionisierung in Tabelle 2 (Bezeichnung wie bei Tabelle 1). Betrachtet man die Morgen-, Mittag- und Abendbeobachtungen getrennt, so erhält man analoge, wenn auch nicht ganz so klar hervortretende Ergebnisse (Tabelle 3).

Solange der Landwind ständig von Afrika aus die Emanation übers Meer treibt, ergibt

Tabelle 2.

Tagesmittel der Ionisierung. Einfluß der Entfernung vom Festlande.

Datum	E_+	E_-	U	n_+	n_-	Σ	u	Q	F	*St*	*D*		*UW*	*d*	Insel	Wind weht
9. März	0,431	0,411	0,020	927	884	1810	43	1,04		3—4	300	v. Afrika	Land			
10. „	0,361	0,282	0,078	776	607	1383	163	1,33	63	4—5	600		Land	90	Cap Verdische I.	gegen Insel
11. „	0,278	0,205	0,072	597	441	1038	156	1,38	77	5	800		Land	310	„ „ „	
12. „	0,272	0,220	0,053	585	472	1058	113	1,25	58	3	1200		Land	850	„ „ „	
13. „	0,256	0,180	0,076	551	388	939	163	1,45	74	2	1100		See	210	St. Paul	gegen Insel
14. „																
15. „																
16. „																
17. „	0,411	0,341	0,070	883	733	1616	150	1,21	33	3	170	von Amerika	See			
18. „																
19. „	0,314	0,260	0,053	674	559	1233	115	1,20	48	2—3	60		See			
20. „	0,326	0,281	0,045	702	605	1307	97	1,00	27	3	250		wechselnd			
Mittel	0,331	0,273	0,058	712	586	1298	126	1,23	54							

Tabelle 3.

Morgen-, Mittag- und Abendbeobachtungen. Einfluß der Entfernung vom Festlande.

Datum	Morgens				Mittags				Abends			
	Σ	*St*	*D*	*UW*	Σ	*St*	*D*	*UW*	Σ	*St*	*D*	*UW*
7. März					972	6	353	See	916	6	254	See
8. „	843	4	254	See	1128	3—4	220	See				
9. „	1700	3	210	See	2174	3—4	310	Land	1557	3—4	375	Land
10. „	1453	5	583	Land	1492	4—5	590	Land	1244	4—5	640	Land
11. „	1048	5	650	Land	1234	5	870	Land	833	4—3	940	Land
12. „	1166	3	1155	Land	1031	4	1330	Land	976	2	1390	Land
13. „	951	3—2	1300	See	1159	2	1110	See	706	1—2	1000	See
14. „	1345	2—3	770	See	933	3	600	See				
15. „					1944	2—3	200	See				
16. „					1519	3	65	See				
17. „	1624	3	160	See	1537	3	210	See	1569	2—3	135	See
18. „	1477	2—3	60	See								
19. „	1315	3	20	See	1071	2—3	25	See	1311	2—3	140	wechselnd
20. „	1254	2—3	250	Land	1535	2	300	wechselnd	1431	4	200	See
21. „	1183	4—5	40	Land								
22. „	1415	3—2	135	See	1453	3	200	See				
23. „	2168	2—3	0	Land	3190	2—3	0	Land				

(*D* Mittags: von Afrika; *D* Abends: von Afrika; *D* Morgens: von Amerika; *D* Mittags: von Amerika)

Tabelle 4. Mittelwerte.

Zeit	E_+	E_-	U	n_+	n_-	Σ	u	Q	F_1	F_2
Morgen	0,340	0,264	0,076	731	568	1299	163	1,37	52	56
Mittag	0,359	0,280	0,061	772	640	1412	132	1,41	54	51
Abend	0,292	0,261	0,031	628	561	1189	67	1,21	55	58
Mittel	0,330	0,274	0,056	711	590	1300	121	1,33	54	55
Mittel nach Tabelle 2	0,331	0,273	0,058	712	586	1298	126	1,23	54	51

sich, von einigen wenigen Ausnahmen in Tabelle 3 abgesehen, bei denen andere Faktoren ihren überwiegenden Einfluß geltend gemacht haben, eine ständige Abnahme des Ionengehalts mit der Entfernung vom Festlande. Die kleinen Inselgruppen sind ohne merklichen Einfluß, da ihr Flächeninhalt klein ist im Vergleich zum Festlande. Dadurch ist die gelieferte Emanationsmenge gering und zweitens ist auch die Wahrscheinlichkeit sehr klein, daß diese durch den Wind gerade an den augenblicklichen Schiffsort getrieben wird. — In der Nähe der amerikanischen Küste ist die gefundene Beziehung nicht so ausgesprochen, da die Windrichtung zu wechselnd war, wenn auch Seewind vorherrschte; und es ist klar, daß man auch z. B. bei Seewind großen Ionengehalt finden wird, wenn vorher Landwind herrschte und umgekehrt.

Tabelle 4 enthält die Absolut(mittel)werte. Bei F_1 sind alle Beobachtungen berücksichtigt, bei F_2 sind die gestörten Tage, das sind die mit schweren *Ni*- oder *St*-Wolken, Niederschlägen und Gewittern (also der 13., 15., 16., 18. und 19. März) ausgeschlossen. Das Mittagsminimum von E bezw. n und das Mittagsmaximum von Q treten hier klar hervor; für U (bezw. u) und F ergibt sich auch hier keine tägliche Periode.

Diese Absolutwerte entsprechen den auch sonst über See gefundenen, wie aus Tabelle 5 folgt.

Tabelle 5. Absolutwerte.

Ort und Zeit	E_+	E_-	Q	Beobachter
Atlantischer Ozean 1904	0,39	0,27	1,43	Boltzmann[1]
Golf von Lyon 1905	0,19	0,18	1,06	Ebert[2]
Stiller Ozean 1905	0,20	0,20	1,00	Linke[3]
Atlantischer Ozean 1906	0,33	0,26	1,24	Eve[4]
Mittelländisches Meer 1908	0,43	0,28	1,52	Pacini[5]
Atlantischer Ozean 1911	0,33	0,27	1,23	Berndt

Auffallend ist die allerdings sicherlich zufällige Übereinstimmung der drei für den Atlantischen Ozean vorliegenden Werte, die zu ganz verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Stellen gefunden wurden.

In bezug auf die Abhängigkeit des Ionengehalts von den meteorologischen Faktoren, soweit man von einer solchen sprechen kann, da die Beobachtungen nicht an ein und demselben Ort angestellt wurden, ergeben sich im allgemeinen die schon bekannten Beziehungen[6]):

1) A. Boltzmann, Wien. Ber. **113**, 1455, 1904; diese Zeitschr. **8**, 132, 1905.
2) H. Ebert, diese Zeitschr. **8**, 641, 1905.
3) F. Linke, Gött. Nachr. 1906, S. 490.
4) A. S. Eve, diese Zeitschr. **8**, 286, 1907.
5) Pacini, Nuov. Cim. **15**, 5, 1908.
6) Siehe z. B.: A. Gockel, Die Luftelektrizität, 1908; H. Mache u. E. v. Schweidler, Die atmosphärische Elektrizität, 1909.

Mit wachsender Temperatur (abgesehen von extrem hohen Werten) wachsen E und U; für Q ergibt sich kein Zusammenhang, während F abnimmt.

Mit wachsender relativer Feuchtigkeit (abgesehen von extrem kleinen Werten) nehmen E, U und Q ab; für F ist der Zusammenhang unsicher.

Für die Bewölkung ergibt sich keine erkennbare Beziehung.

Der Einfluß der Transparenz wurde nicht untersucht, da sie nur von 0 bis 2 variiert.

Mit der Windstärke ergibt sich für E kein Zusammenhang, während U und Q mit wachsender Windstärke zunehmen, doch dürfte hier nicht ein direkter Einfluß vorliegen. Man wird annehmen müssen, daß das bei starkem Winde auftretende Spritzwasser hauptsächlich die negativen Ionen abfängt (andererseits ist auch bekannt, daß verspritzendes Seewasser einen Überschuß positiver Ionen erzeugt); es geht das hervor aus der nachfolgenden kleinen Tabelle 6. — Für F ergibt sich kein Zusammenhang.

Tabelle 6.

Einfluß des Seegangs auf Q.

See	Mittel von Q	Zahl der Beobachtg.
Grob	2,04	1
Ziemlich grob	1,44	3
Lebhaft bis mäßig bewegt	1,48	3
Leicht bewegt	1,21	9

Zum Barometerstande ergibt sich keine Beziehung; ob ein Einfluß des Barometerganges vorliegt, läßt sich aus dem vorliegenden Material nicht mit Sicherheit feststellen.

Mit wachsendem Potentialgefälle nimmt E ab, während U und Q zunehmen. —

Als zusammenfassendes Resultat kann man angeben, daß bei sonst gleichbleibenden Bedingungen (insbesondere konstanter Windrichtung) der Ionengehalt mit der Entfernung vom Festlande abnimmt. Insofern dürften meine Resultate eine gewisse Bestätigung der Ebertschen Theorie bieten, zumal sie sich auch über einen größeren Zeitraum erstrecken, als die Mehrzahl der bisher über See angestellten Beobachtungen. Ob der Ionengehalt über dem Meere geringer ist als über Land, läßt sich aus meinen Beobachtungen schwer entscheiden, da die Beobachtungen in Montevideo sich nur auf einen Tag beziehen.

Zum Schluß möchte ich nicht verfehlen, dem Kapitän, sowie den Offizieren und der Mannschaft des Dampfers „Gotha", die mir durch ihr Entgegenkommen die Durchführung der Versuche nach Möglichkeit erleichterten, auch an dieser Stelle meinen Dank auszudrücken.

Buenos Aires, Instituto de Física del Instituto Nacional del Profesorado Secundario, April 1911.

(Eingegangen 10. Juni 1911.)

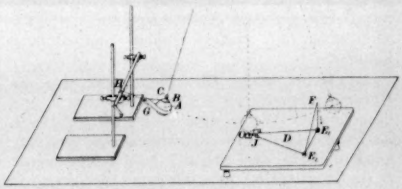
Anordnung zum Vorführen des Foucaultschen Pendelversuches im Hörsaal[1].

Von Carl Benedicks.

Beim Vorführen dieses Versuches wird eine verfügbare Höhe von mindestens 6 m als nötig angesehen[2]). Da dies nicht jedem zu Gebote steht, und die Anschaffung eines speziellen Demonstrationsapparates nach Edelmann[3]) oft zu kostbar wird, dürfte folgende einfache und sehr billige Anordnung von einigem Nutzen sein können.

Prinzip der Methode: der streng symmetrische Pendelkörper verschiebt bei seinem Hin- und Herpendeln ein mit Spiegel versehenes, sehr leichtes Gerüst, das um eine Achse durch die Ruhelage des Pendels drehbar ist; die Drehung wird optisch an einer entfernten Skala beobachtet.

Der Pendelkörper A (vgl. die schematische Figur) besteht aus einer polierten Präzisions-



stahlkugel, Durchmesser 7,62 cm, Gewicht (inkl. Verschraubung) etwa 1,85 kg, wie solche zu niedrigem Preis (ca. 10 M.) im Handel zu haben sind. Befestigt wird dieselbe (De Khotinskys Zement; Kugel gut vorwärmen) an einer gedrehten Messingkappe B, die oben an einem kleinen abgeschnittenen amerikanischen Stiftshalter (Wert 1,10 M.) angelötet ist. Ein ähnlicher Halter wird an der Decke befestigt. Der 4,6 m lange Draht (Pianostahldraht 0,1 mm) ist oben mit einem genau fassenden Zapfenfutter (Uhrmacherfournitur) verlötet, und dieses wird im Halter festgeklemmt; hierdurch

1) Mitteilung aus dem Physik. Inst. d. Univ. Stockholm.
2) Vgl. O. Lehmann, Fricks Physikalische Technik, 7. Aufl., 1905, I:2, 1297.
3) Wied. Ann. 45, 187, 1892.

wird eine genaue symmetrische Aufhängung erreicht.

Das leichte Gerüst (Gesamtgewicht etwa 1 g) besteht aus dünnwandigen Glaskapillaren und Hollundermarkstückchen (E_1 und E_2), die unter sanfter Reibung auf eine horizontale Glasscheibe gleiten; das Ganze ist zusammengefügt, wie aus der Figur ersichtlich. Als Achse O dient eine Nähnadel mit aufgeschobener Glasperle; als Lager eine kleine Messingdrahtöse, deren Schenkel in den Kapillaren OE_1 und OE_2 eingekittet sind. Die Dimensionen des horizontalen Dreieckes waren etwa: $OE_1 = 32$ cm, $OE_2 = 35$ cm, $E_1E_2 = 14$ cm; das vertikale Stück E_1F (gegen das der Pendel anstieß) = 12 cm, die Verstrebung $E_2F = 18{,}5$ cm. Der dünne Spiegel ist nahe an der Drehungsachse in einem Hollundermarkstückchen doppelt drehbar bei J angebracht.

Als Auslösevorrichtung dient eine Papiermanschette G, deren Befestigungsfaden auf einem horizontalen Rohr H aufgewunden wird, das in zwei Stativen fest lagert; beim Abbrennen des Fadens fällt die Manschette sofort hinunter. Die Pendelausschläge brauchen nicht viel größer zu sein als die Länge OE_1. Theoretisch ist diese Länge, von der die nötige Ausschlagsamplitude abhängt, so kurz wie möglich zu wählen (wie bei dem Edelmannschen Apparat), aber praktisch ist es besser, OE_1 nicht zu klein zu nehmen, weil sonst eine auch noch so geringfügige Verschiebung des Apparates mit Bezug auf dem Aufhängepunkt, sowie Erschütterungen, große Fehler herbeiführen können.

Auch bei kurzer Beruhigungszeit war die Übereinstimmung zwischen beobachtetem und berechnetem Werte eine recht befriedigende. Es berechnet sich für Stockholm eine Drehung von 12,9° in der Stunde, beobachtet wurde z. B. (in 10 Min.) eine Drehung von 13,2° in der Stunde. Bei anwesendem Auditorium und bei einem Skalenabstand von 12,3 m wurden in je 5 Minuten 18, resp. 23 Skalenteile (2 cm) abgelesen, während der berechnete Wert 23 war. Es kann die Übereinstimmung als ein Beleg für die Richtigkeit von der vektoriellen Zerlegung von Rotationen genommen werden.

Bei dieser Arbeit wurde ich von meinem Assistenten, Herrn Fil. Lic. O. Tenow, in sehr wirksamer Weise unterstützt.

Physikalisches Institut der Universität Stockholm (Stockholms Högskola).

(Eingegangen 15. Mai 1911.)

Demonstration von Wasserwellen.

Von E. Waetzmann.

In einem der letzten Hefte der Physical Review[1]) beschreibt Herr A. H. Pfund eine einfache Versuchsanordnung zum Photographieren von Wasserwellen. Die Wellen werden durch dauernde intermittierende Erregung des Wassers erzeugt und erhalten; die Beleuchtung geschieht ebenfalls intermittierend durch eine Heliumröhre, deren Intensität in der Periode der Wellenerregungen schwankt. Somit erhält man das ganze Phänomen stehend, es kann leicht photographiert werden, und die Bilder geben alle Feinheiten der Wellenfiguren vorzüglich wieder. Soll der Versuch als Hilfsmittel

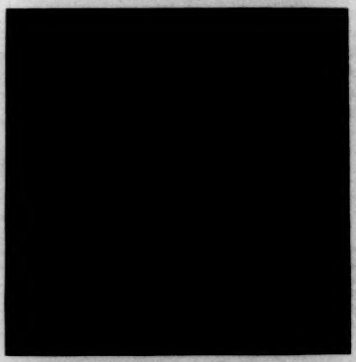


Fig. 1.

für den Unterricht dienen, zu welchem Zwecke ihn Herr Pfund beschreibt, so muß verlangt werden, daß er sich objektiv ausführen läßt. Es ist deshalb vielleicht für den einen oder anderen der Herren Fachgenossen von Interesse, wenn ich im folgenden auf eine einfache Anordnung hinweise, welche die Wellenfiguren in sämtlichen Versuchen, die man mit Wasserwellen auszuführen pflegt, stehend und objektiv zeigt.

Zur Erzeugung der Wellen wird durch ein passend gebogenes Rohr ein Luftstrom in ziemlich scharfem Strahl gegen die Wasseroberfläche geblasen. Diese Art der Erregung der Wellen hat sich als sehr praktisch herausgestellt. Steht keine Vorrichtung zur Herstellung von Druckluft zur Verfügung, so genügt komprimierte Kohlensäure. Das Anblaserohr ist an einer

1) A. H. Pfund, Physical Review **32** (No. 178), 324, 1911.

Stelle durchgeschnitten; zwischen den beiden Rohrstücken rotiert eine Pappscheibe mit einem oder mehreren Ausschnitten. Der Luftstrom kann nur hindurchtreten, wenn sich gerade ein Ausschnitt der Scheibe zwischen den beiden Rohren befindet. Auf diese Weise erhält man die intermittierende Erregung der Wellen. Die synchrone intermittierende Beleuchtung kommt dadurch zustande, daß vor der rotierenden Scheibe, vom Anblaseapparat aus gerechnet, neben dem Anblaserohr die Lichtquelle steht. So werden der die Wellen erregende Luftstrom und das Projektionslicht immer gleichzeitig durch die rotierende Scheibe abgeschnitten oder durchgelassen. Die Intermittenzen in der Erregung und Beleuchtung der Wellen, also die Rotation

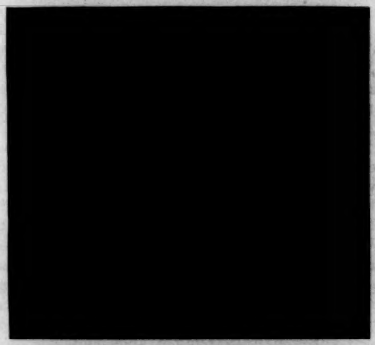


Fig. 2.

der Scheibe, müssen mindestens so schnell erfolgen, daß das Flickern verschwindet.

Das Licht der möglichst „punktförmigen" Lichtquelle — sehr gut eignet sich eine Bogenlampe mit horizontal stehender positiver Kohle — fällt schräg auf die Wasseroberfläche auf, und die Wellen erscheinen in großer Schärfe im reflektierten Licht auf dem ebenfalls schräg gestellten Projektionsschirm.

Für die Versuche mit zwei Wellensystemen benutzt man am praktischsten zwei getrennte Anblaserohre, um die gegenseitige Lage der Erregungszentren nach Belieben ändern zu können. Die rotierende Scheibe erhält zwei Ausschnitte, die um 180° auseinander liegen. Man kann dann den beiden interferierenden Wellensystemen durch Verschieben des einen Anblaserohres verschiedene Phasen erteilen. In die Rohrleitungen hinter der Scheibe sind Gummischläuche eingeschaltet, damit die Rohre mit den Ausströmungsöffnungen beliebig verschoben werden können, ohne daß sonst an der Versuchsanordnung etwas geändert zu werden braucht. Zur Demonstration des Huygensschen Prinzips bringt man am Ende des Anblaserohres ein Querrohr mit mehreren genau gleich großen, nach unten gerichteten Öffnungen an, die höchstens wenige Zentimeter Abstand voneinander haben dürfen. Auf weitere Einzelheiten in der Ausführung der verschiedenen Versuche einzugehen, dürfte überflüssig sein.

Breslau, Physikalisches Institut, Juni 1911.

(Eingegangen 17. Juni 1911.)

Der Gleichrichterdetektor mit Schleifkontakt. (The Slipping Contact Rectifying Detector.)

Von L. W. Austin.

Im Jahre 1906 habe ich einen Detektor für elektrische Wellen beschrieben[1]), bei dem ein Stück Tellur gegen einen rotierenden Aluminiumstab gepreßt wurde. Im Zusammenhang mit jenen Versuchen stellte es sich heraus, daß jeder beliebige Schleifkontakt, wenn er genügend leicht ist, im Telephon hörbar ansprach, wenn er in der üblichen Detektorstellung eingeschaltet war.

Spätere Versuche zeigten, daß diese Detektorform sehr empfindlich und äußerst einfach in der Handhabung war, denn er erforderte nur wenig Justierung und keinen Bremskondensator. Man erhält mit dem Detektor die volle Empfindlichkeit, wenn man ihn einfach mit der sekundären Induktanz des Empfangskreises und mit einem Paar Telephone von 600 bis 1000 Ohm Widerstand in Reihe schaltet. Die besten Ergebnisse habe ich bei Verwendung einer auf Hochglanz polierten Kupfer- oder Nickelscheibe erhalten, die durch einen Federmotor getrieben wird, und gegen die ein Stück dünnen leichten Kupferdrahtes leicht angedrückt wird.

Die einzige Schwierigkeit, die der praktischen Nutzbarmachung dieser Anordnung im Wege stand, war die Erzielung einer geeigneten Oberfläche, auf der sich der leichte Schleifpunkt bewegen konnte. In den meisten Fällen strebt nämlich der Punkt abzuspringen, und dadurch unterbricht er das Signal und erschwert die Unterscheidung zwischen Strichen und Punkten. Durch Einführung von Hochfrequenzfunken ist diese Schwierigkeit zu einem großen Teile überwunden worden, und die Wellenzüge folgen einander dann dicht genug, so daß die Striche im Telephon unveränderlich und kontinuierlich zu hören sind, falls die Einstellung richtig ist. Wenn die Signale kräftig sind, so wird der

1) Electr. World **48**, 924, 1906; Phys. Rev. **24**, 509, 1907.

musikalische Ton des Funkens im Telephon wiedergegeben. Wenn sie jedoch beginnen, schwächer zu werden, so zerstören die Unregelmäßigkeiten des Kontaktes den musikalischen Ton, und dieser entartet zu einem rasselnden Geräusch, durch das man nicht eine Station von der andern unterscheiden kann. An Empfindlichkeit übertrifft dieser Detektor beträchtlich jeden der gegenwärtig allgemein gebräuchlichen; hat es sich doch bei verschiedenen Proben herausgestellt, daß er eine drei- bis zehnmal so hohe Energieempfindlichkeit bei schwächstem Signal hat wie der elektrolytische Detektor. Das Ansprechen, nach der Methode des Telephons im Nebenschluß beurteilt, ist mit größerer Annäherung proportional der Stromstärke als proportional dem Quadrate der Stromstärke, wie bei den meisten anderen Detektoren.

Die Ursache der Detektorwirkung ist wahrscheinlich verwickelter Natur. Es findet in gewissem Grade eine eigentliche Gleichrichterwirkung statt; das zeigt ein an Stelle des Telephons geschaltetes Galvanometer. Diese Gleichrichterwirkung erfolgt indessen nicht immer in demselben Sinne, und die Empfindlichkeit des Galvanometers ist viel geringer als die des Telephons. Es ist durchaus möglich, daß der Sinn der Gleichrichterwirkung von Augenblick zu Augenblick wechselt, und daß der Galvanometerausschlag nur den Überschuß in der einen oder der anderen Richtung darstellt. Neben der Gleichrichterwirkung führt vermutlich der wechselnde Kontakt eine ähnliche Wirkung herbei wie der Poulsensche Unterbrecher.

U. S. Naval Wireless Telegraphic Laboratory, Washington, im Juli 1911.

(Nach dem Manuskript aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 11. Juli 1911.)

Quantitative Versuche über drahtlose Telegraphie auf lange Strecken. (Quantitative Experiments in Long Distance Radio-Telegraphy.)

Von L. W. Austin[1]).

Das United States Naval Wireless Laboratory hat während des Winters 1909—1910 und des Frühlings und Sommers 1910 quantitative Messungen über die Beziehung zwischen den Stromstärken in Sender- und Empfangsantennen für drahtlose Telegraphie angestellt. Diese Arbeit wurde im Zusammenhange mit der Prüfung der Einrichtung für drahtlose Telegraphie auf der Station Brant Rock sowie jener auf den Wachtkreuzern „Birmingham“ und „Salem“ ausgeführt. Die Station Brant Rock entwickelte 60 Kilowatt; ihre Antenne war eine Schirmantenne von 128 m am oberen und etwa 52 m am unteren Ende mit einer Kapazität von 0,0073 Mikrofarad. Die Einrichtungen der Kreuzer waren für 10 Kilowatt gebaut, und ihre Antennen waren oben flach, 130 Fuß hoch und hatten eine Kapazität von 0,0018 Mikrofarad. Während eines Teiles der Untersuchung wurde diese durch Ausladungen, die vor und hinter der regulären Antenne schräg abwärts gingen, auf 0,0025 gesteigert. Die hauptsächlichen Wellenlängen, die benutzt wurden, waren von seiten der Station Brant Rock 1500 m und 3750 m und auf den Schiffen 1000 m und 3750 m.

Bei der Untersuchung im Juli 1910, die als die zuverlässigste angesehen wurde, wurden die Messungen bis auf nahezu 1000 Seemeilen zwischen den Schiffen und bis auf ungefähr 1200 Seemeilen zwischen Brant Rock und der „Birmingham“ erstreckt.

Die Messungen im Empfänger wurden bei den kürzeren Entfernungen teilweise mit Hilfe von Thermoelementen in der Antenne ausgeführt. Bei den größeren Entfernungen wurde die Methode der Nebenschlußtelephonablesungen in Verbindung mit dem elektrolytischen Detektor angewandt; dabei wurde der Wert des empfangenen Antennenstromes aus der Ablesung im Nebenschluß mit Hilfe von Vergleichsablesungen an einem Thermoelement in der Antenne bei den kürzeren Entfernungen abgeleitet.

Außer diesen bereits erwähnten Messungen wurden Hilfsbeobachtungen zwischen Brant Rock und einer 11 Seemeilen entfernten kleinen Station über den Einfluß der Höhe einer oben flachen Antenne auf Sendung und Empfang sowie auch über den Einfluß der Wellenlänge angestellt.

Die Ergebnisse lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen:

a) Über Salzwasser nehmen die elektrischen Wellen an Intensität proportional mit der Entfernung ab, wie Duddell und Taylor gefunden haben. Außerdem erleiden sie eine Absorption, die sich mit der Wellenlänge ändert und sich mathematisch durch das Glied e^{-Ad} ausdrücken läßt.

Der vollständige Ausdruck für die empfangene Stromstärke ist dann:

$$I_R = \frac{K}{d} e^{-Ad}, \qquad (1)$$

wo I_R die empfangene Stromstärke in der Antenne, d die Entfernung ist, und wo K und A Konstanten sind. Dieser Ausdruck gilt im all-

1) Auszug aus Bull. Bur. of Stand. 7, Nr. 3, S. 315, 1911.

gemeinen für die Übermittelung am Tage. Die Absorption bei Nacht ist gänzlich unregelmäßig und schwankt zwischen null und dem bei Tage geltenden Werte, ist aber durchschnittlich im Winter viel kleiner als im Sommer. Die großen Schwankungen der Absorption bei Nacht machen alle Versuche, die Güte von Apparaten für drahtlose Versuche auf Grund von Messungen der nächtlichen Reichweite abzuleiten, überflüssig. Für diesen Zweck haben überhaupt nur Beobachtungen über die durchschnittliche Reichweite bei Tage einigen Wert. Schwankungen treten auch tagsüber auf, aber diese sind vermutlich im allgemeinen klein.

b) Die empfangenen Antennenstromstärken zwischen zwei Stationen sind proportional dem Produkt der Höhen der Sender- und Empfangsantenne und umgekehrt proportional der Wellenlänge, vorausgesetzt, daß die Widerstände der Antenne konstant bleiben.

c) Unter Berücksichtigung des Einflusses der Antennenhöhe und der Wellenlänge kann man die Gleichung (1) erweitern und eine allgemeine Formel für die Übermittelung bei Tage in nachstehender Gestalt schreiben:

$$I_R = 4{,}25\,\frac{I_s\, h_1 \cdot h_2}{\lambda\, d}\, e^{-\frac{0{,}0015\, d}{\sqrt{\lambda}}}, \qquad (2)$$

wo I_s der Strom in der Senderantenne, h die Höhe der Antenne und λ die Wellenlänge ist. Die Stromstärken sind hier in Ampere und sämtliche Längen in Kilometern gegeben.

Hiernach dürfte es ratsam erscheinen, Stationen nach der Stärke des Antennenstromes zu bewerten, oder vielleicht besser nach dem Produkt aus der Stromstärke und der Höhe.

(Nach dem Manuskript aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 11. Juli 1911.)

Über einen möglichen Unterschied zwischen Emissions- und Absorptionsspektren.

Bemerkung zu der Arbeit des Herrn T. Krawetz.

Von Ulfilas Meyer.

In No. 12 dieser Zeitschr. (**12**, 510, 1911) macht Herr Krawetz den Versuch, ein schwingendes System zu konstruieren, das zwei Emissionslinien, aber nur eine Absorptionslinie zeigt. Da die vom Verfasser abgeleiteten Sätze weitgehende Anwendung finden können, möchte ich darauf hinweisen, daß in der Ableitung ein Versehen untergelaufen ist, indem die Schwingungen eines Systems den Schwingungen der ausgesandten Strahlungen gleichgesetzt worden sind. Führt man die Rechnungen des Verfassers unter Berücksichtigung dieser Tatsache weiter durch, wie es im folgenden geschehen soll, so kommt man tatsächlich auch hier zu einer vollen Übereinstimmung zwischen Emission und Absorption.

Zur Integration der Ausgangsgleichungen

$$\frac{\partial^2 x_1}{\partial t^2} + k\,\frac{\partial x_1}{\partial t} + p_0^2\, x_1 - q^2 x_2 = 0$$

$$\frac{\partial^2 x_2}{\partial t^2} + k\,\frac{\partial x_2}{\partial t^2} + p_0^2 x_2 - q^2 x_1 = 0$$

setzen wir $x_1 = e^{ipt}$. Unter Vernachlässigung der Dämpfung erhalten wir dann $p = +\sqrt{p_0^2 + q^2}$ und als allgemeines Integral in reeller Form

$$x_1 = A\cos\sqrt{p_0^2+q^2}\,t + B\sin\sqrt{p_0^2+q^2}\,t + C\cos\sqrt{p_0^2-q^2}\,t + D\sin\sqrt{p_0^2-q^2}\,t.$$

A, B, C, D sind Konstanten, durch die der Anfangszustand bestimmt ist. Wir können diesen Ausdruck auch in einfacherer Form schreiben:

$$x_1 = \varrho_1 \sin(\sqrt{p_0^2+q^2}\,t + \varphi_1) + \varrho_2 \sin(\sqrt{p_0^2-q^2}\,t + \varphi_2);$$

und finden durch Einsetzen dieses Wertes in die Differentialgleichung:

$$x_2 = -\varrho_1 \sin(\sqrt{p_0^2+q^2}\,t + \varphi_1) - \varrho_2 \sin(\sqrt{p_0^2-q^2}\,t + \varphi_2).$$

Jedes einzelne Elektron führt also periodische Schwingungen aus, die sich durch Übereinanderlagerung zweier reiner Sinusschwingungen darstellen lassen, jedes würde daher auch für sich ein Duplett ausstrahlen. Nun müssen wir berücksichtigen, daß in der Optik der Abstand zweier derartiger Teilchen immer klein sein muß gegen die Wellenlänge des Lichtes. Daraus folgt: um die Schwingungen der Strahlung des ganzen Systems zu berechnen, sind die Schwingungen der beiden einzelnen Elektronen einfach zu addieren, und so ergibt sich:

$$x = 2\varrho_2 \sin(\sqrt{p_0^2-q^2}\,t + \varphi_2).$$

Das ist eine einfache Sinusschwingung; das ganze System sendet also nur Licht von der einen Frequenz

$$p_2 = \sqrt{p_0^2 - q^2}$$

aus, derselben Frequenz, für die es ein Maximum der Absorption zeigt[1]). Das Kirchhoffsche Gesetz beansprucht also auch hier Geltung.

Zur Erklärung der Erscheinung wollen wir noch einmal auf die Integralgleichungen zurückgehen. Wir sehen daraus, daß die beiden Elektronen bei der Schwingung von der Frequenz p_2 gleiche Phase haben, während bei der andern eine Phasendifferenz von π besteht, die Amplituden sind entsprechend gleich. Zwei mit ent-

1) T. Krawetz, l. c.

gegengesetzter Phase und gleicher Amplitude schwingenden Körper können aber niemals eine Strahlung aussenden, wenn ihr Abstand klein gegen die Wellenlänge ist, da dann überall Interferenzen stattfinden. Für die Strahlung können daher hier nur die Schwingungen gleicher Phase in Betracht kommen.

Dresden, 10. Juli 1911.

(Eingegangen 3. August 1911.)

Bemerkungen zu der Arbeit des Herrn Hauser: Über die Selbstaufladung von Polonium[1]). (Remarks on the work of Herr Hauser ‚Die Selbstaufladung von Polonium'.)

Von Norman Campbell.

In einer Untersuchung, die demnächst im Philosophical Magazine veröffentlicht werden wird, habe ich einige der Fragen behandelt, die Herr Hauser[2]) erörtert hat. Meine Arbeit betraf mehr die sekundären δ-Strahlen als die primären, aber unsere Methoden waren sehr ähnlich. Auf Grund meiner Erfahrung wage ich zu bezweifeln, ob die Versuche, die Herr Hauser beschrieben hat, so überzeugend sind, wie er meint.

Bei der Deutung der resultierenden Kurve in Fig. 3 nimmt Herr Hauser anscheinend an, daß die Zahl der Strahlen, welche die aktive Platte verlassen, wenn sie sich auf einem Potential $+E$ befindet, dieselbe ist wie die der Strahlen, welche eine kinetische Energie von mehr als eE haben. Diese Annahme ist aus zwei Gründen zweifelhaft:

1. Man muß die seitens der α-Strahlen an der negativen Elektrode erregten sekundären δ-Strahlen berücksichtigen. Auf S. 468 heißt es, daß die Anzahl dieser Strahlen, die auf die aktive Platte fallen, „aus geometrischen Gründen ... äußerst gering" sein wird. Man darf aber nicht vergessen, daß die aktive Platte, wenn sie positiv geladen ist, diese Strahlen anziehen wird. Die Geschwindigkeit, mit welcher die positive Platte negative Elektrizität verliert, wird bei einer Zunahme ihres positiven Potentials fortgesetzt abnehmen, bis sämtliche von der Gegenelektrode ausgesandten Sekundärstrahlen von der aktiven Platte aufgenommen worden sind. Vermutlich stellt der den höheren Potentialen entsprechende Teil der Kurve nicht die Hemmung der seitens der aktiven Platte ausgesandten δ-Strahlen dar, sondern die Anziehung der von der Gegenelektrode ausgesandten Sekundärstrahlen. Trotzdem zieht Herr Hauser gerade aus diesem Teile der Kurve seine Hauptfolgerungen.

2. Herr Hauser hat die Reflexion der δ-Strahlen gänzlich außer acht gelassen, obwohl v. Baeyer[1]) gezeigt hat, daß Kathodenstrahlen von ungefähr der Geschwindigkeit der δ-Strahlen an einer Metallfläche fast vollständig reflektiert werden können. Die Wirkung dieser Reflexion läßt sich unmöglich genau voraussagen, aber es ist klar, daß sich die Gestalt der Kurven in Fig. 3 gründlich ändern muß, wenn die δ-Strahlen, nachdem sie die aktive Platte verlassen haben, an der Gegenelektrode reflektiert werden und zu der Platte zurückkehren. Meine Versuche zeigen, daß die Reflexion von der größten Bedeutung ist, und lassen alle Versuche, die Geschwindigkeit der δ-Strahlen aus Versuchen von der Art abzuleiten, wie sie Herr Hauser beschrieben hat, unzuverlässig erscheinen. Nach meiner Arbeit erscheint es wahrscheinlich, daß diese Geschwindigkeit kleiner ist als die einem Durchfallen von 20 Volt entsprechende und nicht viel größer als die einem Durchfallen von 10 Volt entsprechende.

Es mag erwähnt werden, daß der auf Seite 472 gefundene Wert für e/m kleiner ist, als zu erwarten steht. Wenn man $e/m = 1{,}77 \cdot 10^7$ setzt, so ist die Geschwindigkeit der Strahlen die einem Durchfallen von 16,8 Volt entsprechende.

Herrn Hausers Ableitung des Durchdringungsvermögens der Strahlen erscheint mir auch nicht überzeugend. Seine Versuchsergebnisse stimmen gleich gut überein mit der Ansicht, daß die primären δ-Strahlen von der dünnsten Schicht, die er benutzt hat, vollständig absorbiert werden, und daß die Änderungen, die er durch Hinzufügen weiterer Schichten erhalten hat, herrühren von der Absorption der α-Strahlen und der Zunahme der sekundären δ-Strahlen, die ein α-Strahl bei seiner Annäherung an das Ende seiner Reichweite aussendet. Diese Deutung steht mit meiner eigenen Arbeit sowie auch mit allgemeinen Betrachtungen im Einklang. Die Fähigkeit, feste Körper zu durchdringen, scheint stets von der Fähigkeit begleitet zu sein, ein Gas zu ionisieren. δ-Strahlen können ein Gas nicht ionisieren, und es ist daher zu erwarten, daß sie nicht imstande sein werden, die dünnsten festen Körper zu durchdringen, die man erhalten kann.

Andererseits stimme ich Herrn Hauser bei, wenn er findet, daß die primären δ-Strahlen zahlreicher sind als die von den entsprechenden α-Strahlen erregten Sekundärstrahlen, und wenn er folgert, daß die Geschwindigkeit der sekundären Strahlen von jener der primären nicht zu unterscheiden ist. Im Gegensatz zu Mc Lennan

1) Fr. Hauser, Wirkung von elektrischen und magnetischen Feldern auf die Selbstaufladung von Polonium und über die Durchdringungsfähigkeit der δ-Strahlen. Diese Zeitschr. **12**, 466—476, 1911.

2) Fr. Hauser, a. a. O.

1) O. v. Baeyer, diese Zeitschr. **10**, 176, 1909.

kann ich keinen Unterschied in der Menge der Sekundärstrahlen finden, welche die von verschiedenen Metallen kommenden α-Strahlen aussenden, und ich vermag sicherlich keinerlei Änderung der Geschwindigkeit der Strahlen, weder mit dem Metall, von dem sie ausgesandt werden, noch mit der Geschwindigkeit der erregenden α-Strahlen zu entdecken.

Universität Leeds, im Juni 1911.

(Nach dem Manuskript aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 3. Juli 1911.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Ernannt: Dr. Carl Oscar Johns zum Professor der Chemie an der Yale University in New Haven, der Professor der Chemie am New Hampshire College Durham und Secretary der American Chemical Society Dr. Charles L. Parsons zum Chefchemiker des Bureau of Mines in Washington, der a. o. Professor an der Böhmischen Technischen Hochschule in Prag Dr. Josef Hanus zum ord. Professor der analytischen Chemie an derselben Anstalt, der Leiter der Stationen für den Internationalen Breitendienst in Carloforte Prof. Luigi Carnera zum Professor der Astronomie und Geodäsie am Istituto Idografico in Genua, Dr. R. H. Baker zum Leiter des Law Observatory an der Universität von Missouri, Dr. P. F. Gaehr zum Professor der Physik am Walls College Aurora.

Vom Lehramt zurück: Der Privatdozent der Physik an der Technischen Hochschule München Dr. Karl Kurz, der Privatdozent der Mathematik an der Universität Bern Dr. Johann Pexider.

Gestorben: Der Privatdozent für physikalische Chemie an der Technischen Hochschule Berlin Dr. Stephan Jahn.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1911/12.

Technische Hochschule Aachen.

Stark: Experimentalphysik I: Mechanik, Elektrodynamik, 4; Physikalisches Praktikum (mit Steubing und Meyer): a) Praktische Übungen aus allen Teilen der Physik für Anfänger, 4 oder 6, b) Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen, tägl. — **Seitz**: Mechanische Wärmetheorie, 2; Theoretische Physik: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 2; Experimentalphysik, enzyklopädischer Kursus: Mechanik, Elektrizität, Magnetismus, 2. — **Meyer**: Die neueren Fortschritte in der experimentellen und theoretischen Physik, mit Demonstrationen, 1; Physikalisches Handfertigkeitspraktikum, 2. — **Steubing**: Photographie I für Anfänger, 1, Übungen, 3, II, für Fortgeschrittene; Spektroskopie, mit Demonstrationen, 1. — **Polis**: Allgemeine Meteorologie, 2; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie für Studierende des Wasserbau-Ingenieurfaches I, 1; Meteorologische Technik, 1, mit Übungen im Meteorologischen Observatorium. — **Grotrian**: Physikalische Grundlagen der Elektrotechnik, 5; Theoretische Elektrotechnik, 3; Elektrotechnisches Praktikum, 8. — **Rasch**: Ausgewählte Kapitel der praktischen Elektrotechnik, 1; Einleitung in die Elektrotechnik, 2; Konstruktionslehre der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2. — **Finzi**: Elektrische Zentralanlagen und Leitungen, 2. — **Hamacher**: Praktische Telegraphie und Telephonie, 2. —

Brodt: Organische Experimentalchemie II, 3; Organisches Praktikum (mit Levy). — **Classen**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Experimentalchemie, 2; Anorganisches Praktikum (mit Cloeren, Fischer, Scheen, Hallmann und Weise); Elektroanalytisches und elektrochemisches Praktikum (mit Fischer). — **Rau**: Chemische Technologie I: Allgemeine Feuerungskunde, 2, III, 2; Entwerfen von chemischen Apparaten und Fabrikanlagen, Übungen, 4; Chemisch-technisches Praktikum (mit Lambris und Kron). — **v. Kapff**: Chemische Technologie der Gespinstfasern: Färberei, Bleicherei usw., 2, Übungen, 4. — **Ruer**: Physikalische Chemie I, 3, Übungen für Hüttenleute, 3, für Chemiker, 1 Vormittag, für Fortgeschrittene, 5 Tage. — **Cloeren**: Analytische Chemie, 2. — **Fischer**: Elektrochemie, 2. — **Levy**: Terpene und Kampfer, 1. —

Blumenthal: Höhere Mathematik II, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Hydrodynamische Theorien des Flugproblems, 2 *g*. — **Kötter**: Darstellende Geometrie, 4, Zeichnen, 4; Graphische Statik, 2, Zeichnen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der graphischen Statik, 1. — **Kutta**: Höhere Mathematik I, 6 bezw. 4, Übungen, 2. — **Reißner**: Mechanik I, 5, Übungen, 1, II, 3, Übungen, 1; Flugtechnische Aerodynamik, 3. — **Timpe**: Ausgewählte Probleme der Festigkeit von Stäben und Platten, 1. — **Gast**: Praktische Geometrie I, 3; Geodätisches Praktikum I, 2; Geodätische Ausarbeitungen, Übungen, 4; Eisenbahntrassieren, 2; Höhere Geodäsie, 2. — **Haußmann**: Übungen im Markscheiden und Feldmessen, $^1/_2$ Tag; Abriß der Markscheide- und Feldmeßkunde, 2; Ausgleichungsrechnung, 2, Übungen, 1; Sphärische Trigonometrie, 1; Trigonometrische Übungen, 2. — **Wandhoff**: Markscheiden und Feldmessen I, 4; Markscheiderische Zeichen- und Rechenübungen, 2. —

Universität Basel.

Hagenbach: Experimentalphysik II: Optik, Wärme, Elektrizität, 6; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Veillon), 8, für Vorgerückte, tägl.: Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **VonderMühll**: Analytische Mechanik, 4, Übungen, 2 *g*. — **Veillon**: Thermodynamik mit Anwendungen, 2. —

Rupe: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Vollpraktikum für organische Chemie, tägl.; Chemisches Kränzchen (mit Fichter), 1 *g*. — **Fichter**: Analytische Chemie, 2; Experimentalchemie der seltenen Metalle, 1; Analytisches Halbpraktikum, 9; Chemisches Vollpraktikum: Anorganische und elektrochemische Übungen und Arbeiten, tägl. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel II, 2; Übungen in der Untersuchung von Lebensmitteln, 4; Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. — **Zickendraht**: Physikalische Chemie, 2. —

Fueter: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen zur Differentialrechnung, 1 *g*; Flächentheorie, 4, Seminar (mit Spieß), 1 *g*. — **Spieß**: Algebra, 3; Einführung in den Iterations- und Operationskalkül, 1. — **Flatt**: Projektive Geometrie, 3; Pädagogisches Seminar, mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung I, 3. —

Universität Berlin.

Rubens: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5, Mathematische Ergänzung, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, $1^1/_2$ *g*; Arbeiten im physikalischen Laboratorium für Geübtere (mit Wehnelt), tägl. — **Planck**: Theorie der Wärme, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Wehnelt**: Physikalisches Praktikum für Anfänger I und II (mit Blasius): Mechanik, Akustik, Wärme und Optik, 7, Mathematische Ergänzungen, 1 *g*, für Pharmazeuten, 3; Praktikum zur Erlangung von Handfertigkeit für das physikalische Arbeiten (mit Kegener), 3. — **Warburg**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik, 2. — **Slaby**: Elektromechanik I: Einleitung in die Elektrotechnik, 4, II: Funkentelegraphie, 2. — **Blasius**: Physikalischer

Kursus für Mediziner, $3^1/_2$; Übungen im Anschluß an das Praktikum, 1 *g*. — **Neesen**: Optische Instrumente, $1^1/_2$. — **E. Meyer**: Einführung in die moderne Maschinentechnik, 2; Technische Exkursionen, 14tägig, *g*. — **Krigar-Menzel**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4. — **Martens**: Dynamomaschinen und Transformatoren, 1 *g*. — **Weinstein**: Elektromagnetische Theorie des Lichtes, 3; Naturphilosophie, 1 *g*. — **Börnstein**: Experimentalphysik I, 5; Wetterkunde, 1; Physikalische Unterrichtsübungen, 4; Physikalische Arbeiten, tägl. — **Gehrcke**: Optik, 1. — **Grüneisen**: Energiehaushalt der Erde, 1. — **Kiebitz**: Elektrische Wellen und drahtlose Telegraphie 1. — **O. Hahn**: Der Zerfall der radioaktiven Elemente, 1. — **Henning**: Vektoranalysis und ihre Anwendung in der theoretischen Physik, 1, Übungen, 1 *g*. — **v. Baeyer**: Elektrizitätsleitung in Gasen, 1. — **Regener**: Radioaktivität, mit Experimenten, 1. — **Reichenheim**: Physik der Sonne, mit Experimenten, 1. — **Franck**: Kapitel der Elektronentheorie, 1. — **Pohl**: Über neuere elektrische und optische Untersuchungen, 1. — **Hellmann**: Allgemeine Meteorologie, 2; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*; Erdmagnetismus in geschichtlicher Entwicklung, 1 *g*. — **Schmidt**: Methode der kleinsten Quadrate, 2; Geophysikalisches Kolloquium, $1^1/_2$ *g*. — **Leß**: Praktische Witterungskunde, 2. — **Scheffer**: Angewandte wissenschaftliche Photographie, mit Übungen, 1. —

E. Fischer: Praktische Arbeiten im chemischen Universitäts-Laboratorium (mit Gabriel, Pschorr, Diels, Traube, Stähler und Leuchs), tägl., ganz- und halbtägig, Kursus für Mediziner, 6. — **Nernst**: Physikalische Chemie, 4; Neuere Atomistik, 1 *g*; Physiko-chemisches Kolloquium (mit v. Wartenberg), 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalisch-chemischen Laboratorium: a) anorganisch-chemisches Praktikum (mit Marckwald), tägl., b) physiko-chemische Übungen, 7, c) physikochemische Arbeiten (mit v. Wartenberg), tägl. — **Wichelhaus**: Technologie für Chemiker, ausgewählte Kapitel, 2 *g*; Chemische Technologie für Juristen, 2, Übungen, tägl.; Anleitungen, tägl. — **Liebermann**: Organische Experimentalchemie I, 5; Praktische Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, mit Experimenten, 4; Toxikologische Chemie, mit Experimenten, $1^1/_2$; Praktische Übungen in der chemischen Analyse, in der Prüfung und Wertbestimmung von Arzneimitteln, in der Nahrungsmittelchemie (mit Mannich und Lenz), tägl. — **Biedermann**: Sprengstoffe, 2; Künstliche Farbstoffe, 2. — **Pschorr**: Neuere organische Arbeiten, 1. — **Fock**: Einleitung in die Physik und Chemie, 1; Chemische Kristallographie, 1 *g*. — **Marckwald**: Analytische Chemie, 2. — **Rosenheim**: Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer), tägl.; Übungen in der Experimentalchemie (mit R. J. Meyer), 4—8; Praktische Übungen in der Gas- und Maßanalyse, 4; Kolloquium über anorganische Chemie (mit R. J. Meyer), $1^1/_2$ *g*. — **Traube**: Qualitative und quantitative Analyse, 2. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 4. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **Emmerling**: Chemische und bakteriologische Wasseruntersuchung, 1. — **Spiegel**: Chemie der Alkaloide, 1. — **Neuberg**: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Biochemie, tägl.; Organisch-chemisches Praktikum, tägl.; Tier- und pflanzenchemische Übungen, 6. — **Sachs**: Technisch-wichtige Synthesen der organischen Chemie, 1. — **Koppel**: Chemisches Gleichgewicht, 1 *g*. — **Diels**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Einführung in die organische Chemie, 1. — **Meisenheimer**: Anorganische Experimentalchemie, 4. Ergänzungen, 1; Anorganisch- und organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **F. Fischer**: Elektrochemie, 4; Elektrochemisches Vollpraktikum, tägl.; Praktikum in Galvanotechnik, 1 Nachmittag. — **Byk**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 1. — **Großmann**: Die Bedeutung der chemischen Technik für das deutsche Wirtschaftsleben, mit Exkursionen, 1; Besprechung chemisch-technischer und wirtschaftlicher Tagesfragen, mit Exkursionen, 1. — **Löb**: Elektrochemie II, 1; Physikalische Biochemie II, 1; Physiologisch-chemische Arbeiten im Laboratorium, tägl. — **Köthner**: Die Chemie der Renaissancezeit, 1. — **Mannich**: Qualitative chemische Analyse, 1; Quantitative chemische Analyse, 1. — **v. Wartenberg**: Elektrochemie (experimentell), 2. — **Stähler**: Spezielle anorganische Experimentalchemie, 3. — **Houben**: Laub- und Blüten-Riechstoffe, 1. — **Weigert**: Wissenschaftliche Grundlagen der Photographie, 1 *g*. — **Lockemann**: Grundzüge der Physikalischen Chemie, 1. — **Lenz**: Chemische Untersuchung von Blut, Harn, Kot, Magensaft usw., mit Übungen, 2. — **Leuchs**: Organische Chemie II, 1. — **Eucken**: Besprechung neuerer physikalisch-chemischer Arbeiten, 1. — **Pringsheim**: Biochemie der Mikroorganismen, 1. —

Schwarz: Theorie der analytischen Funktionen I, 4; Synthetische Geometrie, 4; Elementargeometrische Herleitung der wichtigsten Eigenschaften der Kegelschnitte, 2 *g*; Mathematische Kolloquien, 14tägig, 2 *g*; Mathematisches Seminar (mit Frobenius und Schottky), 2 *g*. — **Foerster**: Geschichte der neueren Astronomie, 2 *g*; Grundlehren der astronomischen Meßkunst, 1 *g*; Astronomie und soziale Kultur, 1 *g*. — **Helmert**: Figur der Erde, 1; Kürzeste Linie, 1 *g*. — **Frobenius**: Zahlentheorie, 4; Analytische Geometrie, 4. — **Schottky**: Theorie der automorphen oder Polygon-Funktionen, 4; Höhere algebraische Kurven, 4. — **Struve**: Einleitung in die Theorie der Satelliten, 3; Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, für Fortgeschrittene, *g*. — **Cohn**: Bahnbestimmung der Himmelskörper, 3; Seminar für wissenschaftliches Rechnen: Übungen zur Bahnbestimmung, 2 *g*. — **Lehmann-Filhés**: Integralrechnung, 4; Determinanten, 4. — **Hettner**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Theorie der Beobachtungsfehler, 2. — **Knoblauch**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Elliptische Funktionen, 4. — **Scheiner**: Photometrie, 2; Kolloquium, 1 *g*. — **Marcuse**: Geographische Ortsbestimmung, mit Übungen, $1^1/_2$; Allgemeine Himmelskunde, mit Lichtbildern, $1^1/_2$; Luftschiffahrt, mit Lichtbildern, 1. — **Schur**: Funktionentheorie II, 4; Theorie der algebraischen Gleichungen, 4. — **Kohlschütter**: Grundzüge der Nautik, 1 *g*. — **Witt**: Ausgewählte Kapitel der sphärischen Astronomie, 2. —

Technische Hochschule Berlin.

F. Dolezalek: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Magnetismus, Elektrizität, 4; Physikalische Übungen, 8; Physikalische Chemie, 2. — **Kurlbaum**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Elektrizität, 4, für Architekten, 2; Physikalische Übungen, 8, speziell für Chemiker, 8. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik II, 2; Grundzüge der Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Elektrizitätslehre, 2; Elektrische Schwingungen und Funkentelegraphie, 1. — **Krigar-Menzel**: Allgemeine Mechanik I: Gleichgewicht und Bewegung von Massenpunkten und starren Körpern, 4; Theoretische Akustik, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Maßeinheiten und Meßmethoden, 2; Physikalische Maßbestimmungen und Meßinstrumente (Physikalische Übungen), 10. — **Felgentraeger**: Maß- und Gewichtswesen I, 2; Die Konstruktion der Spiegel- und Linseninstrumente, 2. — **Glatzel**: Meßapparate und Meßmethoden der drahtlosen Telegraphie, mit Demonstrationen und Übungen, 2; Physikalische Grundlagen für die Konstruktion von Meßinstrumenten für Gleichstrom und Wechselstrom, 1. — **Groß**: Ausgewählte Kapitel aus der mechanischen Wärmetheorie, 2; Theorie des Galvanismus, 2; Die Erhaltung der Energie, 1. — **v. Ignatowsky**: Vektoranalysis mit Anwendungen auf die theoretische Physik, insbesondere auf die Maxwellsche Theorie der Elektrizität, 2. — **Petzoldt**: Positivistische Erkenntnistheorie, 1 *g*. — **Zehnder**: Über physikalische Weltanschauungen, 1; Physikalisches Praktikum mit besonderer Berücksichtigung der Telegraphentechnik, 2 oder 4. — **Kaßner**: Das Wasser der Atmosphäre: Verdunstung, Luftfeuchtigkeit, Nieder-

schläge, Hochwasser, besonders für Wasser- und Städtebau, 1. — **Slaby**: Elektromechanik I: Einführung in die Elektrotechnik, 4, II: Hochfrequenztechnik und Theorie der Wechselstrommotoren, 2, Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium (mit Wedding), 4 Tage. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **Franke**: Elektrische Schwachstromanlagen, 2, Übungen, 4; Die Technik des Fernsprechwesens in systematischer Darstellung, mit Exkursionen, 2, Übungen, 2. — **Kloß**: Elektromaschinenbau I und II, 4, Übungen, 6; Übungen im Elektrotechnischen Versuchsfelde, 4. — **W. Reichel**: Elektrische Bahnen und verwandte Kraftanlagen, 2, Übungen, 4. — **Wedding**: Elektrotechnische Meßkunde, 2; Enzyklopädische Elektrotechnik mit Experimenten, 2. — **Benischke**: Allgemeine Wechselstromtechnik, 4; Spezielle Wechselstromtechnik für Hochspannungsanlagen, 1. — **Breslauer**: Berechnung und Prüfung elektrischer Maschinen nach den in der Praxis herrschenden Gepflogenheiten, 2. — **Gerstmeyer**: Kommutatormotoren für Wechselstrom- und Drehstrom in Theorie, Berechnung und Untersuchung, 1. — **Kallmann**: Betriebstechnik für Elektrizitätswerke und Straßenbahnen, 2. — **Zehme**: Elektrische Haupteisenbahnen und Zwischenstadtbahnen, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen, 2, II, 4, Übungen und Festigkeitslaboratorium, 2. — **W. Hartmann**: Maschinengetriebe: Anwendung der Kinematik, 2; Kinematische Geometrie und theoretische Kinematik, 2. — **Leist**: Mechanik I, 4, Übungen, 2, II, 4, Übungen, 2. — **v. Parseval**: Aeronautische Triebwerke, 2. —

Hofmann: Experimentalchemie, 4; Analytische Chemie, 1; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl.; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie (mit S. Hilpert), 2. — **Liebermann**: Organische Chemie I: Offene Kohlenstoffketten, 5; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **F. Fischer**: Elektrochemie (Das Wichtigste aus Theorie und Praxis), 2; Praktikum in Galvanotechnik, 1 Nachmittag; Elektrochemisches Vollpraktikum: Physikalisch-chemische Messungen, präparative Elektrolyse, Elektrometallurgie und Gasentladungen, tägl.; Selbständige Arbeiten und Anleitung für Fortgeschrittenere, tägl. — **Miethe**: Spektralanalyse, mit Übungen, 2: Allgemeine Photographie: Apparatenkunde, Übersicht über die gebräuchlichen photographischen Prozesse, 2; Einführung in die photographische Optik, 1; Astronomische Photographie, mit Übungen am photographischen Refraktor (300 mm), 1, Übungen, 3; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16; Spektrographisches und spektralanalytisches Praktikum für Fortgeschrittenere, 1. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittelanalyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Holde**: Untersuchung von Fetten, Ölen, Wachsen, Seifen, Firnissen und Kautschuk, 2. — **Traube**: Einleitung in die physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3; Die Biologie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen, 1. — **Witt**: Chemische Technologie II, 4; Technologie der Derivate des Steinkohlenteers und ihrer Verwendung, inkl. Färberei, Zeugdruck, 2; Praktische Arbeiten im Technisch-chemischen Institut, tägl. — **Arndt**: Ausgewählte Teile der physikalischen Chemie, 1; Kolloquium über physikalische Chemie, 1. — **Binz**: Veredlung der Textilfasern II: Färberei und Zeugdruck, 1. — **Börnstein**: Die Brennmaterialien, ihre Bearbeitung und Verwendung, 2. — **Byk**: Theoretische Photochemie: Die Lehre von den chemischen Wirkungen des Lichtes, 2. — **Guertler**: Innere chemische Statik und Kinetik der Legierungen, 3; Die Theorie der ozeanischen Salzablagerungen nach van't Hoff, 1. — **Hauser**: Chemie der selteneren Elemente mit spezieller Rücksicht auf ihre technische Verwendung, 2. — **Hilpert**: Theoretische Chemie in ihrer Anwendung auf die Prozesse der Hüttenkunde, 1; Kolloquium über analytische Chemie, 1. — **Hinrichsen**: Theorie der Lösungen, 2. — **Jurisch**: Übungen im Entwerfen von chemischen Anlagen, 4; Luftrecht, 1. — **Lehmann**: Die Farbenphotographie, 1. — **Simonis**: Repetitorium der organischen Chemie, 2; Qualitative und quantitative Analyse organischer Verbindungen, 1; Organisch-chemische Arbeitsmethoden: Oxydation, Reduktion, Sulfurierung usw., 1. — **Stavenhagen**: Einführung in die Experimentalchemie, 2. — **Voswinckel**: Einführung in die organische Chemie, 2. — **Wolffenstein**: Die Chemie der Alkaloide, 2. —

Dziobek: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Differential- und Integralrechnung und der analytischen Geometrie, 4, Übungen, 2 *g*. — **Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Jolles**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Scheffers**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Wallenberg**: Ausgewählte Kapitel der Elementarmathematik, 2; Funktionentheorie I, 2; Potentialtheorie, 2. — **Fuchs**: Partielle Differentialgleichungen nebst Anwendungen, 2. — **Lichtenstein**: Einführung in die Theorie der linearen Integralgleichungen, 2. — **Salkowski**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Werner**: Niedere Geodäsie, 4 und 2; Geodätisches Praktikum I, 2; Planzeichnen, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

Bergakademie Berlin.

Rudolfi: Wärmelehre, 1. — Radioaktivität, mit besonderer Berücksichtigung radioaktiver Mineralien und Gewässer, 1; Physikalisches Kolloquium, 1. —

Stavenhagen: Anorganische Experimentalchemie I, 4; Arbeiten im chemischen Laboratorium, tägl. — **Wölbling**: Analytische Chemie I, 2; Grundzüge der theoretischen Chemie, 1; Chemisches Kolloquium, 1. — **Mehner**: Einführung in die physikalische Chemie und Thermochemie, 2; Arbeiten im Physiko-chemischen Laboratorium. — **Peters**: Elektrochemie, 1; Elektrometallurgie, 2. — **Pufahl**: Chemische Technologie, 2. — **Loebe**: Metallographie, 2, Übungen, 3. —

Jahnke: Höhere Mathematik und Mechanik, 6, Übungen, 2. — **Brelow**: Darstellende Geometrie mit Übungen, 3. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Wärme, 6; Theoretische Optik, 1 *g*; Repetitorium der Physik, 2; Physikalisches Praktikum, 8; Photographisches Praktikum (Arbeiten bei künstlichem Licht für Vorgerückte), 2. — **Gruner**: Theorie des Magnetismus und der Elektrizität, mit Übungen, 4; Mechanik deformierbarer Körper, 2; Vektor-Analysis, 1; Seminar für theoretische Physik, nach Verabredung. — **Blattner**: Grundzüge der Elektrotechnik, 1; Elektrische Bahnen, 1. — **Luterbacher**: Dynamik, 1. —

Kohlschütter: Allgemeine anorganische Experimentalchemie, 6; Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl., Analytisch-chemisches Praktikum für Mediziner, 8; Chemisches Praktikum, 6. — **Tambor**: Organische Chemie II, 5; Organisch-chemisches Praktikum, tägl.; Repetitorium der Chemie der Fettkörper, 1; Repetitorium der karbo- und heterozyklischen Verbindungen, 1. — **Lampe**: Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 1. — **Mai**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 1; Chemische Berechnungen, 1; Kolloquium über Analyse, 1. — **Ephraim**: Einführung in die Elektrochemie, 2; Praktische Übungen in der technischen Gasanalyse, 3; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Woker**: Arbeiten im Laboratorium für physikalisch-chemische Biologie für Anfänger und Vorgerückte, nach Verabredung; Kurs für die physikalisch-chemische Untersuchung der Körperflüssigkeiten: Harn, Blut, Milch usw., 1 Nachmittag; Katalytische Untersuchungsmethoden, 1 Nachmittag; Die Chemie als Hilfswissenschaft der Biologie, 3; Immunochemie, 1. — **Schaffer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel II, 2; Technologie der Lebensmittelgewerbe, nach Verabredung. —

Graf: Kugelfunktionen mit Repetitorium, 3; Besselsche Funktionen mit Repetitorium, 3; Integralrechnung mit Repetitorium, 3; Funktionentheorie, 2; Differentialgleichungen, 2; Renten- und Versicherungsrechnung, 2; Mathematisches Seminar (mit G. Huber), $1^1/_2$. — **Ott**: Algebraische Analysis II, 2; Integralrechnung, 2; Analytische Geometrie II, 2; Mathematische Übungen und Repetitorium, 1; Sphärische Trigonometrie, 2; Mathematische Übungen, 1. — **G. Huber**: Mechanik des Himmels, 2; Fouriersche Reihen und Integrale mit Anwendungen auf die Physik, 3; Theorie der Raumkurven und abwickelbaren Flächen, 2; Mathematisches Seminar (geometrische Richtung) (mit Graf), 1. — **Mauderli**: Geographische Ortsbestimmung, 2, Übungen, 1 Abend; Einführung in das wissenschaftliche Rechnen mit besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der praktischen Astronomie, 2. — **Benteli**: Darstellende Geometrie: Kurven, Strahlenflächen, reguläre Polyëder, 2, Übungen und Repetitorium, 2; Praktische Geometrie I, 1. — **Crelier**: Synthetische Geometrie II, 2; Mehrdimensionale Geometrie, 2. — **Moser**: Versicherungslehre: Krankenversicherung, nach Verabredung; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar, 1—2. — **Bohren**: Politische Arithmetik, 2; Die Invalidenversicherung, 1—2. —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik I: Mechanik, Allgemeine Physik, Wärme, Akustik, 5; Laboratorium für Anfänger, 8, für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Pflüger**: Mechanik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Bucherer**: Mathematische Einführung in die neuere Elektrizitätslehre, 2. — **Eversheim**: Angewandte Elektrizitätslehre, mit Übungen (mit Grebe), 2; Grundzüge der Elektrotechnik, 1 *g*. — **Bernoulli**: Magneto-Optik, 1; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Biologen, 2. — **Grebe**: Meteorologie, 2. —

Anschütz: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene, sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Rimbach, Frerichs und Kippenberger), tägl., für Mediziner (mit Rimbach), tägl. außer Sonnabend. — **Rimbach**: Physikalische Chemie I: Eigenschaften der Stoffe, Verwandtschaftslehre, 2; Ausgewählte Kapitel der speziellen anorganischen Chemie II: Seltenere Metalle, 1 *g*; Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Meßmethoden, 3 *g*; Übungen in der Gasanalyse (mit Gewecke), 2 *g*. — **Frerichs**: Pharmazeutische Chemie I (anorganisch), 3, III, 1 *g*; Toxikologische Analyse, 1; Übungen im Sterilisieren von Arzneimitteln, 1. — **Kippenberger**: Chemische Technologie, anorganischer Teil, mit Exkursionen, 2; Einführung in die chemische Großtechnik I: Anorganisch-chemische Betriebe, mit Exkursionen, 1; Besprechung nahrungsmittelchemischer Gutachten, 1 *g*. — **Laar**: Wissenschaftliche Grundlagen der Photographie, 1; Wissenschaftlich-photographisches Praktikum, nach Verabredung. — **Mannheim**: Die Methoden der Wasser- und Harnanalyse, 1, Übungen, tägl. — **Meerwein**: Höhere aromatische und heterozyklische Kohlenstoffverbindungen, 3. — **Gewecke**: Grundlagen und Hauptmethoden der Gewichtsanalyse, 1; Übungen in chemischen Unterrichtsversuchen, 2 *g*. —

Study: Einleitung in die analytische Geometrie, 4, Übungen, 1; Differentialgeometrie II, 2; Mathematisches Seminar: Oberstufe (mit London, Furtwängler und Hausdorff), 14tägig, 2 *g*. — **London**: Synthetische Geometrie, 2, Übungen, 1 *g*; Differential- und Integralgleichung II, 4, Übungen, 1 *g*. — **Hausdorff**: Einführung in die Funktionentheorie, 4; Fouriersche Reihen und verwandte Entwicklungen, 2; Behandlung einfacher Aufgaben für mittlere Semester (mit Müller), *g*. — **Furtwängler**: Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik, 2 *g*. — **Müller**: Algebraische Gleichungen: Galoissche Theorie, 3. — **Küstner**: Sphärische Astronomie, 3; Fixsternkunde, 1 *g*; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten (mit Mönnichmeyer), nach Verabredung. — **Mönnichmeyer**: Geographische Ortsbestimmungen, 2; Gebrauch der astronomischen Jahrbücher, 1 *g*. —

Technische Hochschule Braunschweig.

Diesselhorst: Experimentalphysik: Wärme, Elektrizität und Magnetismus, 4; Gleichstromtheorie, 2, Übungen, 1; Physikalisches Praktikum I und II; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*; Elektromagnetische Schwingungen, 1. — **A. Weber**: Potentialtheorie mit Anwendungen auf die Elektrostatik, 2. — **Bergwitz**: Radioaktive Umwandlungen, 1. — **Witte**: Analytische Mechanik, 2. — **Peukert**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Übungen, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 6; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium, 9. — **Brünig**: Elektrotechnische Konstruktionen, 2, Übungen, 2. — **Limmer**: Ausgewählte Kapitel aus der (speziellen) Photographie, 1; Moderne Kopierverfahren, 1; Die Reproduktion von Zeichnungen und Bildern, 1; Farbenphotographie, 1; Photographisches Kolloquium, 14tägig, 1 *g*; Photographische und farbenphotographische Übungen, 4. —

Meyer: Unorganische Experimentalchemie, 5; Chemie der organischen Farbstoffe, 3; Arbeiten im chemischen Laboratorium; Chemisches Kolloquium (mit Freundlich), nach Verabredung, *g*. — **Biehringer**: Analytische Chemie, 2; Grundzüge der Chemie, 3. — **Freundlich**: Physikalische Chemie, 2; Metallurgie, 2; Chemie der Metalle, 1; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie. — **Reinke**: Chemische Technologie II 1, 6; Chemisch-technische Analyse I, 2; Arbeiten im Laboratorium für chemische Technologie II und landwirtschaftlich-chemische Gewerbe, nach Vereinbarung, Seminaristische Übungen, monatlich 2 *g*; Chemische Technologie in den deutschen Kolonien mit Berücksichtigung der tropischen und kolonialen Landwirtschaft, 1. — **Beckurts**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Gerichtliche Chemie, 1; Grundzüge der Maßanalyse, 1; Pharmazeutische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie und in der Nahrungsmitteluntersuchungsstelle. — **Troeger**: Analytische Chemie, 2; Chemie der Benzolderivate, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, 2. —

Dedekind: Elemente der Zahlentheorie, 2; Einleitung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung, 1. — **Fricke**: Analytische Geometrie und Algebra, 4; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2, II, 2. — **Timerding**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Theorie der Kurven und Flächen, 2; Synthetische Geometrie, 2. — **Wernicke**: Statik starrer und elastisch-fester Körper, 4, Übungen, 2; Geschichte der Philosophie im Umriß, 2. — **Schlink**: Technische Mechanik II: Dynamik, 3, Übungen und Repetitionen, 2; Grundlagen der Luftschiffahrt in elementarer Darstellung, 1; Graphische Statik, 2, Übungen, 2; Eisenhochbauten, ihre Berechnung und Konstruktion, 2, Übungen, 4; Statik der Baukonstruktionen I, 3, Übungen, 4, II, 4. — **Näbauer**: Grundzüge der Geodäsie, 2, Übungen, 2; Geodäsie I, 4, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2; Planzeichnen, 2. —

Universität Breslau.

Lummer: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Physikalisches Kolloquium (mit Pringsheim und Schaefer), 2 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schaefer und Waetzmann), 3 oder 6, für Studierende der Technischen Hochschule (mit Schaefer), 3, für Pharmazeuten (mit Ladenburg), 3, für Geübtere (mit Pringsheim und Schaefer), tägl. — **Pringsheim**: Allgemeine Mechanik, 4; Einführung in die Relativitätstheorie, 1 *g*; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Schaefer**: Theoretische Optik, 4; Zusammenhang zwischen Elektrizität, Magnetismus und Licht, 1. — **Waetzmann**: Einführung in die theoretische Physik: Mechanik, Akustik, Wärme, 2; Beugung, Interferenz und Polarisation des Lichtes, $1^1/_2$. — **Ladenburg**:

Physik der Sonne, mit Demonstrationen, 1. — **von dem Borne**: Die wichtigsten Probleme der experimentellen Meteorologie, 2; Geophysikalische Übungen und Besprechungen, nach Verabredung, *g*. — **Riesenfeld**: Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*; Photographisches Praktikum, 2. —

Gadamer: Organische Experimentalchemie, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Prüfung der Arzneimittel, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 6. — **Bilts**: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 4; Chemisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten a) in der analytischen Abteilung, ganz- oder halbtägig, b) in der organischen Abteilung, ganztägig; Chemische Kurse a) für Mediziner (mit Meyer), 5, b) für Landwirte, 4. — **Ehrlich**: Chemischer Einführungskursus für Landwirte, 3; Landwirtschaftliche Technologie I: Zucker, Stärke, Flachs, Zellulose, mit Exkursionen, 2; Die chemischen Vorgänge in der Pflanze, 1 *g*; Chemische, biochemische und technische Arbeiten im landwirtschaftlich-technologischen Institut, für Anfänger und Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Gasanalytische und chemisch-technische Untersuchungen, 4. — **v. Braun**: Auf- und Abbau-Methoden organischer Verbindungen, 2. — **Herz**: Die physikalisch-chemischen Grundlagen der analytischen Chemie, 2; Physikalische Chemie für Biologen und Mediziner, 2; Grundlagen der Maßanalyse, 1; Anwendungen der Maßanalyse, mit besonderer Berücksichtigung des Deutschen Arzneibuches, 1; Besprechungen zur qualitativen Analyse, 1 *g*. — **Meyer**: Analytische Chemie I, 2; Spezielle anorganische Chemie, 2; Analytische Besprechungen, 1 *g*; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Sackur), 1 *g*. — **Sackur**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie, Thermochemie, Photochemie, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 3. — **Gaebel**: Ausmittelung der Gifte, 2; Übungen im stöchiometrischen Rechnen für Anfänger, 1. — **Fischer**: Handfertigkeitspraktikum, 3. —

Sturm: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Geometrische Verwandtschaften II, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Schmidt**: Integralrechnung, 4; Mengenlehre, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Kneser**: Elliptische Funktionen, 4, Übungen, 2 *g*; Integralgleichungen, 2. — **Schnee**: Theorie der krummen Linien und Flächen: Differentialgeometrie, 3; Ausgewählte Kapitel der Zahlentheorie II, 2. — **Franz**: Theorie der Bahnrechnung der Kometen und Planeten, 4, Übungen, 1 *g*; Kosmogenie mit Lichtbildern, 1 *g*; Astronomisches Kolloquium, 1 *g*. —

Technische Hochschule Breslau.

Lummer: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Physikalisches Praktikum, 3. — **von dem Borne**: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Luftschiffahrt: Theorie der Luftschiffahrt, 2. — **Hilpert**: Elektrotechnik I, 4, II; Elektromaschinenbau I, 2; Übungen im Elektromaschinenbau und Apparatebau, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I, 4, II, 6, III, 8. — **Euler**: Elektrotechnische Meßkunde, 2; Elektrische Kraftanlagen, 2, Übungen, 4. —

Schenck: Physikalische Chemie I und II, 3; Anorganische Technologie I und II, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum für Fortgeschrittenere, tägl.; Übungen in physikalischer Chemie und Elektrochemie, 4. — **Semmler**: Organische Technologie, 3; Großes organisch-chemisches Praktikum, tägl.; Kleines organisch-chemisches Praktikum, 10. — **Stock**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 5; Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Nauß**: Technische Gasanalyse, 1. —

Carathéodory: Höhere Mathematik III, 2, Übungen, 2; Höhere Mathematik für Chemiker und Hüttenleute, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der Analysis, 2. — **Hessenberg**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Ausgewählte Kapitel der Geometrie und ihrer Anwendungen, nach Verabredung. — **Steinitz**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 3. —

Technische Hochschule Brünn.

Jaumann: Allgemeine und technische Physik, $3^1/_2$; Theoretische Physik, $1^1/_2$; Physikalisches Praktikum (mit Lohr), 3. — **Szarvassi**: Grundzüge der Physik, 3; Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 2. — **Zickler**: Allgemeine Elektrotechnik, 5; Elektrotechnisches Praktikum II, 8. — **Niethammer**: Bau elektrischer Maschinen II, 3; Projektierung elektrischer Anlagen, einschließlich elektrische Arbeitsübertragung, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen I, 10, II, 2. — **Czepek**: Elemente der Elektrotechnik, 2; Spezielle Maschinen und Systeme für Wechselstrom, 2. — **Filepek**: Telegraphie und Telephonie, 2. —

N.N.: Anorganische Chemie, 6; Chemische Übungen I, 10, II, 20. — **Frenzel**: Analytische Chemie II: Spezielle analytische Methoden, 2; Elektrochemie I: Theoretischer Teil, 2; Elektrochemisches Praktikum, 3; Physikalische Chemie, 3. — **Hönig**: Agrikulturchemie, 3; Chemische Übungen III, 12; Chemie der Tier- und Pflanzenstoffe, 3; Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. — **Knöpfer**: Konstitutionsbestimmungen organischer Verbindungen, 2. — **Donath**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe I, 3; Chemische Technologie organischer Stoffe I, 3; Chemische Technologie III: Anleitung zu chemisch-technischen Untersuchungen, 2; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie I, 20. — **Ulrich**: Chemische Technologie organischer Stoffe II, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen, 1; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie II, insbesondere der Farb- und Faserstoffe, 12; Spezielle chemische Technologie der Farbstoffe, $1^1/_2$; Spezielle chemische Technologie der Faserstoffe, $1^1/_2$. — **Margosches**: Chemische Technologie der organischen Kolloide, 2; Chemische Technologie der Fette, Mineralöle und Asphalte, 1; Technische Untersuchungsmethoden auf dem Gebiete der Fett- und Mineralölindustrie, 1. —

Tietze: Mathematik Ia, 7, Korrepetitionen, 1. — **Waelsch**: Mathematik Ib, 3, Korrepetitionen, 1; Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 5, Übungen, 8. — **N. N.**: Mathematik II2, 3, Korrepetitionen, 1; Elemente der höheren Mathematik für Chemiker, 4, Korrepetitionen, 1. — **Benze**: Wahrscheinlichkeitsrechnung I (in elementarer Darstellung), 2, II, mit Anwendungen, 3; Mathematische Statistik, 2. — **Fanta**: Versicherungsmathematik II, Übungen, 1. — **Dell**: Technisches Zeichnen I, 6; Elemente der Bauformenlehre für Ingenieure, 2. — **Löschner**: Technisches Zeichnen II, 4; Situationszeichnen, 4; Niedere Geodäsie, 5; Vermessungsübungen, 2; Höhere Geodäsie, 3. — **Musil**: Technisches Zeichnen: Maschinenzeichnen, 6. —

Universität Czernowitz.

v. Geitler: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger I, a) für Physiker und Mathematiker, 6, b) für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Physikalische Übungen für Fortgeschrittene, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*; Besprechung physikalischer Fragen (mit Radaković und Conrad), 14tägig, 2 *g*; Ausgewählte Kapitel aus der Radioaktivität und Elektronik, 1 *g*. — **Radaković**: Optik, 5; Seminar für mathematische Physik, 2 *g*. — **Conrad**: Ausgewählte Kapitel aus der kosmischen Physik, 4; Atmosphärische Elektrizität, 1. —

Pomeranz: Allgemeine Chemie I, 5; Praktische Übungen für Anfänger und für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Elektrochemie, 1. —

Plemelj: Algebra, 3; Zahlentheorie, 3; Seminar für Mathematik, 2 *g*; Proseminar für Mathematik, 2 *g*. — **Hahn**: Unendliche Algorithmen, 3; Differential- und Integralrechnung, Ergänzungen, 3, Übungen, 2 *g*. — **Kruppa**:

Synthetische und analytische Geometrie des Kreises und der Kugel, 2 *g.* —

Technische Hochschule Danzig.

Zenneck: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, Optik, 5; Kleines physikalisches Praktikum, 8; Großes physikalisches Praktikum, tägl.; Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 1. — **Kalähne**: Einführung in das physikalische Praktikum: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 1; Theoretische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 2; Photographie und photographische Reproduktionsverfahren, 1, Übungen, 3; Arbeiten im photographischen Laboratorium, für Fortgeschrittene, 3. — **Roeßler**: Elektrotechnik II, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II und III, 9; Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 4; Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen (mit Roth), 2; Übungen, 4. — **Grix**: Elektrische Hausinstallationen und Beleuchtungstechnik, 1; Elektrische Bahnen, 2, Übungen, 4; Schwachstromtechnik, 2. — **Roth**: Elektromaschinenbau, 1, Übungen, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Apparate und Schalttafelbau, 2, Übungen, 4. —

Ruff: Anorganische Experimentalchemie: Grundzüge der allgemeinen, experimentellen und theoretischen Chemie, 4; Praktikum im anorganisch-chemischen und elektro-chemischen Laboratorium, tägl. — **Wohl**: Organische Experimentalchemie I: Die Chemie der Fettreihe, 4; Chemisches Kolloquium, für Fortgeschrittenere, 2 *g*; Praktikum im organisch-chemischen Laboratorium und Laboratorium für landwirtschaftliche Gewerbe, tägl. — **Krüger**: Physikalische Chemie I, 3; Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, mit Übungen, 3; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum I, 4; Großes physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Plato**: Quantitative chemische Analyse, 2. — **Glimm**: Spezielle Technologie der Gärungsgewerbe, 2; Physiologische Chemie, 2; Chemie und Technologie der Nahrungs- und Genußmittel, 4; Praktikum für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und Gärungsphysiologisches Praktikum, tägl.; Kurse für Gärungsgewerbe, mehrere Wochen. — **Jellinek**: Neue, für die physikalische Chemie wichtige Probleme der Wärmelehre (Theorie der Wärmestrahlung, der Energiequanten, der spezifischen Wärmen des Nernstschen Wärmesatzes), 2. —

v. **Mangoldt**: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 1; Mathematisches Seminar (mit Sommer), 2 *g*. — **Lorenz**: Dynamik starrer Körper, 2, Übungen, 2; Festigkeitslehre und Hydraulik, 4, Übungen, 3. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 5; Malerische Perspektive und Photogrammetrie, 1 *g*. — **Sommer**: Höhere Mathematik I, 6. — v. **Brunn**: Theorie der Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 2; Elemente der Meteorologie, 1. — **Pröll**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Maschinenlehre, 2, Übungen, 1; Aerodynamik, 1. — **Eggert**: Geodäsie I, 2, II, 2; Planzeichnen, 2; Geodätisches Praktikum I und II, 2. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Geometrische Optik, Wellenlehre des Lichtes, Akustik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeißig), 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik (mit Zeißig), nach Verabredung; Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Zeißig), 1 *g*. — **Zeißig**: Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Akustik, Optik, 4, Repetitorium, 1; Grundzüge der seismischen Beobachtung, 1 *g*; Physikalische Meß- und Instrumentenkunde, 1 *g*. — **Meisel**: Theorie der optischen Instrumente I, 2; Populäre Astronomie, 2. — **N.N.**: Photographische Übungen mit einleitenden Vorträgen, 2. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II: Gleich- und Wechselstromtechnik, Theoretischer Teil, 3, Praktischer Teil, 2, Übungen (mit Petersen), 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit Wirtz und Sengel), 6 halbe Tage; Selbständige Arbeiten für vorgeschrittenere Studierende, nach Verabredung. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I: Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Elektrische Wellen, 2. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 3, Übungen, 3; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, 2. — **Petersen**: Übungen im Hochspannungslaboratorium, 2; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Gleichstrom- und Wechselstromtechnik, 1; Grundzüge der Hochspannungstechnik, 1. — **Goldschmidt**: Referate aus elektrotechnischen Fachblättern, Kolloquium, 1 *g*. —

Wöhler: Anorganische Experimentalchemie, 4; Theoretische Chemie I, 2; Chemisches Praktikum (mit Heyl, Kolb und D'Ans), tägl. außer Sonnabend. — **Finger**: Organische Experimentalchemie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie der Alkaloide, 2; Praktikum im Laboratorium für organische Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Kolb**: Analytische Chemie II: Quantitative Analyse, einschließlich Maßanalyse, 2; Analytische Chemie der seltenen Elemente, 1; Kolloquium über organische Chemie, 1. — **Schwalbe**: Organische Experimentalchemie, einschließlich Zellulosechemie und Teerfarbenchemie, 4; Organisch-chemisches Praktikum, nach Verabredung; Papier-Färberei-Praktikum, nach Verabredung. — **Heyl**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 2; Bakteriologie und Sterilisationstechnik, Übungen, nach Verabredung; Pharmakognosie, 2, Übungen, 2; Pharmazeutische Gesetzeskunde, 1. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 4; Chemisches, chemisch-technisches und elektrochemisches Praktikum (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend. — **Neumann**: Gasanalytische Methoden, Übungen, 2; Eisenhüttenkunde, 1; Brennstoffe, Verbrennungsvorgänge, Heiz- und Kraftgase und deren Untersuchung, Feuerungskontrolle, 1; Übung, 1. — **Moldenhauer**: Die Theorie der elektrolytischen Dissoziation, 2; Elektrochemische Übungen, 4. — **Vaubel**: Theoretische Chemie I, 2, Übungen, 3; Stöchiometrische Berechnungen, 1; Die physikalischen und chemischen Methoden der quantitativen Bestimmung organischer Verbindungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Technik organischer Verbindungen, 1. — **D'Ans**: Heterogene Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre, 2; Einführung in die Kolloidchemie, 1. — **Weller**: Untersuchen von Nahrungsmitteln, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen, 1, Übungen, 8. —

Graefe: Trigonometrie, mit Übungen, 3; Höhere Mathematik, 3, Übungen, 2; Geschichte der Mathematik, 1. — **Horn**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 6, Übungen, 4; Höhere Mathematik II, 2, Übungen, 1. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 6, Übungen, 4, II, 2, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der Attraktion, 2. — **Wiener**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Grundlagen und Methoden der Elementargeometrie, 2; Arbeiten im mathematischen Institut (mit Gay), 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6, II, 2. — **Hohenner**: Geodäsie, 4; Höhere Geodäsie, 2; Geodätische Übungen I, 2; Ausarbeitung der geodätischen Vermessungen A, 2; Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2; Praktische Geometrie, 2. — **Gasser**: Aeronautik, 2; Katastertechnische Berechnungen, 1 *g*. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen (mit Graefe), 2; Mechanik II, 6, Übungen, 3; Ausgewählte Kapitel der Dynamik, 1. — **Blaeß**: Ausgewählte Abschnitte aus der technischen Mechanik, 2; Rotationsarbeitsmaschinen, 1. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum (mit Toepler) I, 6 oder 3, II, einschließlich Laboratoriumstechnik, für Fortgeschrittene, 9; Praktikum für größere physikalische Arbeiten (mit Toepler), 20; Physikalisches Kolloquium, Referate über neue Arbeiten

mit Helm und Toepler), 14tägig, 1 *g.* — **Toepler**: Theoretische Physik: Wärmelehre, 3. — **Dember**: Kontinuitätstheorie der Gase und Flüssigkeiten: Zustandsgleichung, 1. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik II, 2; Theorie des Wechselstromes II, 2; Starkstromanlagen, 2, Übungen, 2; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 8; Elektrotechnisches Praktikum für Maschinen-, Elektro- und Betriebsingenieure, 4, für Chemiker, 4; Größere elektrotechnische Spezialarbeiten, 20. — **Kübler**: Elektromaschinenbau II, 2, IV, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen für Elektroingenieure, 12, für Maschinen- und Betriebsingenieure, 4; Heizer- und Maschinistenkursus für Studierende, nach Verabredung. — **Barkhausen**: Elektrische Meßkunde, 2; Praktikum für Schwachstromtechnik, insbesondere drahtlose Telegraphie, 14tägig, 1. — **Möllering**: Telegraphie und Telephonie, 2. —

Hempel: Chemische Großindustrie, 2; Metallurgie, 2; Anorganisch-chemisches Praktikum: Qualitative Analyse, 12, Quantitative Analyse, technische Titriermethoden, Gasanalyse, tägl. außer Sonnabend. — **v. Meyer**: Organische Chemie, 5; Organisch-chemisches Praktikum (mit v. Walther), halb- und ganztägig, tägl. außer Sonnabend; Kolloquium, freie Vorträge über wichtige Probleme der Chemie (mit Bucherer und v. Walther), 1 *g.* — **Foerster**: Elektrochemie, ihre Theorie und technische Anwendung, 2; Physikalische (theoretische) Chemie II, 3; Praktikum für Elektrochemie, 8; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Luther**: Photographie, 2; Photographisches Praktikum, für Anfänger und Vorgeschrittene, 4 und 8; Selbständige Arbeiten im wissenschaftlich-photographischen Institut, ganz- und halbtägig; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Foerster und Lottermoser), 1 *g.* — **Bucherer**: Chemie der Textilindustrie: Gewinnung der Spinnfasern und ihre Veredelung durch Bleicherei, Färberei, Zeugdruck und Appretur, 3; Chemie des Steinkohlenteers: Die Rohmaterialien und Zwischenprodukte für die Industrie der organischen Farbstoffe, 2; Einführung in die Praxis und Technik des Patentwesens, 1; Praktikum für Farbenchemie, 8; Praktikum für Farbenchemie bzw. für Färbereitechnik, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Farbenchemie bzw. Färbereitechnik, tägl. außer Sonnabend. — **Renk**: Nahrungsmittelchemie, 2; Wohnungshygiene, 1; Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genußmitteln, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker, tägl. außer Sonnabend; Hygienisches Praktikum: Wohnungshygiene, Arbeiterhygiene, tägl. außer Sonnabend. — **Lottermoser**: Ausgewählte Kapitel aus der angewandten physikalischen Chemie: Dissoziationstheorie, Theorie der Kolloide, 1. — **v. Walther**: Wichtige Einzelkapitel der organischen Chemie: Purine, Alkaloide, Terpene usw., 2. — **Dietz**: Chemische Technologie der Tonwaren, 1. — **König**: Chemie der Diazo- und Azoverbindungen, 1. — **Thiele**: Brennmaterialien, Theorie der Feuerungen, 1. —

Helm: Höhere Mathematik IV, 3, Seminaristische Übungen, für Mathematiker (mit Naetsch), 1; Potentialtheorie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der mathematischen Physik, 2; Polarisation und Interferenz des Lichtes, 1. — **Krause**: Höhere Mathematik II, 4, Übungen (mit Naetsch), 2; Höhere Mathematik, für die Hochbau- und Chemische Abteilung, 2; Theorie der analytischen Funktionen einer komplexen Größe, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g.* — **Ludwig**: Darstellende Geometrie II, 3, Übungen (mit Naetsch, 4; Darstellende Geometrie II: Perspektive, 1; Theorie der Raumkurven und Flächen, 4; Seminaristische Übungen über höhere Geometrie, 1 *g.* — **Naetsch**: Analytische Geometrie der Flächen 2. Grades, 3; Elementare Algebra und Analysis, 2. — **Heger**: Ebene Kurven dritter Ordnung, 1. — **Pattenhausen**: Geodäsie I, 2, Übungen, 2, II, 3, Übungen, 2; Höhere Geodäsie II, 2, Übungen, 2; Geodätische Ausarbeitungen für Bauingenieure, 2; Graphische Ausarbeitungen für Vermessungsingenieure, 2; Geodätische Rechenübungen, 2; Skizzieren geodätischer Instrumente, 2; Katastervermessung I, Übungen, 2; Planzeichnen I, Übungen, 2. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik: Mechanik, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Physikalisches Halbpraktikum, 20; Physikalisches Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium (mit Reiger), *g.* — **Reiger**: Theoretische Physik I: Mechanik, Elektrizität, Hydrodynamik, Akustik, 4, Übungen, 1 *g.* —

O. Fischer: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im Chemischen Laboratorium (mit Busch): a) Analytisch-chemische Übungen, 20, b) Vollpraktikum, 40; Praktikum für Mediziner (mit Gutbier), 4. — **Paal**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 3; Die Grundlagen der Nahrungsmittelchemie, 2; Chemisches Praktikum: a) Vollpraktikum, tägl., b) Halbpraktikum, 24 bezw. 20; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum I, 16, II, 20; Physiologisch-chemisches Praktikum: Harnanalyse etc., 3; Nahrungsmittelchemisches Praktikum: a) Vollpraktikum, tägl., b) Halbpraktikum, 24 bezw. 20. — **Busch**: Qualitative und quantitative chemische Analyse I: Metalle, 2; Kolloquium über neuere chemische Literatur (mit Gutbier und Jordis), 1 *g.* — **Henrich**: Geschichte der Chemie I (bis Lavoisier), 1; Theoretische Ansichten in der organischen Chemie, 1; Darstellung organischer Präparate auf elektrochemischem Wege, 2. — **Gutbier**: Chemisches Seminar, 2; Gasanalyse mit Übungen, 2. — **Jordis**: Chemie der Kolloide, zugleich spezielle anorganische Chemie, 2; Patentwesen, 1; Physikalische Chemie III, 1; Chemisches Seminar, 3; Physikalisch-chemische und elektrochemische Praktika, für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, 20 und 40, ganztägig. —

Gordan: Zahlentheorie, 4. — **Noether**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, *g*; Theorie der Abelschen Funktionen, 4; Mathematisch-Physikalisches Seminar: Vorträge über spezielle Kapitel, *g.* — **E. Fischer**: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, *g*; Algebra, 4; Seminar: Vorträge über spezielle Kapitel, *g.* — **Baldus**: Darstellende Geometrie, 4 *g.* Elementare Versicherungsmathematik, 1; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2, Übungen, 1. —

Universität Freiburg i. Br.

Himstedt: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Reinganum), für Mediziner und Pharmazeuten, 1 Nachmittag, für Studierende der Naturwissenschaften, 2 Nachmittage; Übungen im Experimentieren und in der Vorführung von Demonstrationsversuchen (mit Gaede), 3 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Koenigsberger**: Theoretische Physik, elektrische und akustische Schwingungen, Energieleitung, mit Übungen, 4; Elektronen- und Ionentheorie der festen Körper, 1; Anleitung zu selbständigen theoretischen Arbeiten und deren experimentelle Prüfung, tägl.; Besprechung von Themata zu selbständigen Arbeiten, 1 *g.* — **Reinganum**: Physik der Luftschiffahrt, 1; Molekularkräfte und Zustandsgleichung der Gase und Flüssigkeiten (physikalisches Seminar), 1 *g.* — **Gaede**: Elektrotechnik II: Wechsel- und Drehstrom, 1. — **Meyer**: Elektrochemie mit Demonstrationen, 2; Photographie mit praktischen Übungen und Demonstrationen, 2; Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 1 Vormittag; Selbständige physikalisch-chemische Untersuchungen, nach Verabredung. —

Gattermann: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt, Fromm, Meigen, Riesenfeld), tägl. außer Sonnabend, für Nichtchemiker, halbtägig; Übungen im Experimentieren und Vortragen für künftige Lehrer der Chemie II (organisch), 2 *g*; Chemisches Kolloquium, 1 *g.* — **Willgerodt**: Organische Experimentalchemie, 5; Anorganische Technologie, 2. — **Edinger**: Einführung in die organischen Arbeitsmethoden, 2. — **Fromm**: Chemie der Teerfarbstoffe, 2, Repetitorium der anorganischen Chemie für Mediziner, 2;

Repetition, 1; Seminar für organische Chemie, 1. — **Meigen**: Quantitative Analyse, 2; Übungen im Bestimmen von Mineralien auf chemischem Wege, 2. — **Riesenfeld**: Qualitative Analyse, einschließlich Spektral- und Mikroanalyse, 3, Übungen, 2; Elektrochemische Übungen: Elektropräparate, Elektroanalyse, 2. —

Stickelberger: Funktionentheorie, 4, Übungen, 1; Höhere ebene Kurven, 3. — **Heffter**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Analytische Mechanik der zusammenhängenden Massen, 3, Übungen, 14tägig, 2 *g*. — **Bolza**: Einführung in die Theorie der Integralgleichungen, 2; Seminar über Variationsrechnung, 2 *g*. — **Loewy**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Theorie der algebraischen Gleichungen II, 3; Besprechung algebraischer Fragen, 1 *g*. — **Seith**: Projektive Geometrie, 2. —

Universität Gießen.

König: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Mathematiker und Naturforscher, 6, für Chemiker, Mediziner, Pharmazeuten und Landwirte, 3; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Fromme), 2. — **Fromme**: Geometrische und physikalische Optik, 3; Übungen zur theoretischen Physik, 1; Meteorologie, $1^1/_2$. — **Schmidt**: Kinetische Gastheorie, 2; Arbeiten für Vorgeschrittene aus dem Gebiete der Elektronenlehre, ganz- und halbtägig. — **Noack**: Physikalisches Praktikum für Handfertigkeit mit Experimentierübungen, 3, 6 oder 9. — **Uller**: Einführung in die Feldtheorie des Elektromagnetismus, 1. — **Cermak**: Wissenschaftliche Grundlagen der Musik: Experimentelle Akustik, 1. —

Naumann: Anorganische Experimentalchemie, $5^1/_4$; Physikalische Chemie: Thermochemisches und Thermodynamisches, mit Anwendungen auf technische Chemie und Übungen in Berechnungen, $1^3/_4$; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium (pharmazeutisch- und nahrungsmittel-chemische mit Feist), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Möser**: Analytische Chemie II: Quantitative Analyse, 2. — **Feist**: Pharmazeutisch-chemische Präparate, organischer Teil, 2; Untersuchung von Trinkwasser und Harn, 2. — **v. Liebig**: Chemie der Pflanzenstoffe: Alkaloide, 1; Grenzfragen der Chemie, 1 *g*. — **Beschke**: Organisch-chemische Arbeitsmethoden, 2. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl., für Landwirte, halbtägig; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner (mit Brand), 5; Chemisches Kolloquium, $1^1/_2$; Organische Experimentalchemie, $4^1/_2$, Ergänzungsvorlesung, 1 *g*. — **Brand**: Experimentelle Elektrochemie, Allgemeiner Teil, 2; Farbstoffe der Indol- und Anthrazenreihe, 1. — **Thomae**: Kolloidchemie und Ultramikroskopie, $^3/_4$, Übungen, 1; Anleitung zu selbständigen chemischen und ultramikroskopischen Arbeiten, nach Vereinbarung. —

Netto: Höhere Algebra, 3; Analytische Geometrie des Raumes, 3; Übungen des mathematischen Seminars (mit Schlesinger und Graßmann), 2. — **Schlesinger**: Differential- und Integralrechnung mit Übungen, 5; Einführung in die Theorie des logarithmischen Potentials, 4. — **Graßmann**: Analytische Mechanik II, 4; Festigkeitslehre, 3. —

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität und Wärme, 3; Praktische Übungen im physikalischen Institute (mit Voigt, Simon, Bestelmeyer, Madelung, Rümelin, Försterling und Busch), 4; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener (mit Voigt), tägl. außer Sonnabend; im Seminar: Ausgewählte Probleme der kinetischen Gastheorie, 1 *g*. — **Voigt**: Partielle Differentialgleichungen der Physik, 4; Geometrische Optik, 2. — **Wiechert**: Vermessungswesen, theoretischer Teil: Geodäsie nebst Rechnungsmethoden, Schwerkraft, Markscheidekunst, Nautik, 4; Geophysikalisches Praktikum, nach Verabredung; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über Fragen der Geonomie: Geodäsie und Geophysik, 1; Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4. — **Prandtl**: Statik der Bauwerke: Analytische und graphische Statik, 3; Kolloquium über Fragen der Luftschiffahrt und Flugtechnik, 1 *g*; Mechanikpraktikum I für Anfänger (mit v. Kármán und Kumbruch), 3, II für Fortgeschrittene, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Mechanik und Wärmelehre, tägl. außer Sonnabend; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über Fragen der angewandten Elektrizitätslehre (mit Runge und Simon), 2. — **Simon**: Einführung in die Elektrotechnik, mit Demonstrationen, 2; Angewandte Elektrizitätslehre, 4; Elektrotechnisches Praktikum (mit Busch) I, 3, II für Fortgeschrittene, 3; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen auf dem Gebiete der angewandten Elektrizität, tägl. — **Born**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 3; Kapillarität, mit Übungen, 2. — **Nachtweh**: Einführung in Technologie und Technik, $1^1/_2$; Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde, 2. — **Winkler**: Übungen in physikalisch-technischer Handfertigkeit, 4. —

Wallach: Allgemeine Chemie I: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemische Übungen und wissenschaftliche Arbeiten (mit Kötz, Borsche, Sielisch, Wilke-Dörfurt), Voll- und Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Kolloquium für Fortgeschrittene, 1 *g*. — **Tammann**: Physikalische Chemie, 3; Thermodynamik der Einstoffsysteme, 1 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum für Anfänger, 4 Wochen; Physikalisch-chemische Arbeiten, ganz- und halbtägig; Kolloquium, 1 *g*. — **Fischer**: Geschichte der chemischen Technologie, nach Verabredung, Übungen, nach Verabredung, *g*. — **Zsigmondy**: Anorganische Kolloide, 1 *g*; Ausgewählte Kapitel aus der anorganischen Chemie, 1; Praktikum der anorganischen Chemie und der Kolloidchemie, ganz- und halbtägig. — **Kötz**: Neuere Theorien in der organischen Chemie, 1; Die Fortschritte in den wichtigsten Klassen organischer Verbindungen, 1; Repetitorium der Chemie, 1; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über Fragen der allgemeinen Chemie, 1 *g*. — **Coehn**: Anwendungen der physikalischen Chemie auf technische Prozesse, 1; Photographisches Praktikum a) für Anfänger, b) für Fortgeschrittene, 3; Photochemische Arbeiten, ganz- und halbtägig. — **Borsche**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2; Organisch-chemisches Repetitorium für Fortgeschrittene, 1. — **Sielisch**: Chemie der neueren Arzneimittel, 1. — **Wilke-Dörfurt**: Analytische Chemie, 2. —

Klein: Einführung in die Differential- und Integralrechnung II, 4; im Seminar: Literatur der Differential- und Integralrechnung, 2. — **Hilbert**: Logische Grundlagen der Mathematik, 1; Mechanik der Kontinua, 4; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über die logischen Grundlagen der Mathematik (mit Toeplitz und Haar), 2. — **Runge**: Mechanik, mit Übungen, 6. — **Landau**: Analytische Zahlentheorie, 4; im Seminar: Mathematische Übungen für höhere Semester, 2. — **Hartmann**: Spektralanalyse der Gestirne, 1; Astrophysikalisches Praktikum, 2; Leitung astronomischer und astrophysikalischer Arbeiten für Fortgeschrittene, 12 *g*. — **Ambronn**: Berechnung der Bahnen von Kometen und Planeten, 2; Über Parallaxe und Aberration, 1; Besprechung neuerer astronomischer Literatur, 14tägig, 2—3 *g*; Astronomische Übungen für Anfänger und für Lehramtskandidaten, 4—5; Leitung selbständiger astronomischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. — **Bernstein**: Versicherungsrechnung, 2; Mathematische Statistik und Versicherungsmathematik, 3; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über ausgewählte Fragen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Versicherungsmathematik, 2. — **Lehmann**: Übungen für die Mitglieder des Seminars für Versicherungswissenschaft (mit Lexis), 2 *g*. — **Toeplitz**: Einführung in die Funktionentheorie, 4, Übungen, 2. — **Haar**: Krumme Linien und Flächen, 4. — **Weyl**: Determinanten, mit Anwendungen auf die analytische Geometrie des Raumes, 2; Höhere Funktionentheorie, 4; Übungen zur Differential- und Integralrechnung, 2. — **v. Kármán**: Übungen zur graphischen Statik, 2; Thermodynamik mit Anwendungen des thermodynamischen Potentials, 3. —

Universität Graz.

Benndorf: Experimentalphysik I, 4, Mathematische Ergänzungen, 2; Physikalische Übungen I, für Chemiker und Naturhistoriker, 6 *g*, II, für Mathematiker und Physiker, 6 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, *g*; Physikalisches Konversatorium, 14tägig, 2 *g*. — **Waßmuth**: Thermodynamik und kinetische Gastheorie, 4; Wärmeleitung, 1; Übungen im Seminar für mathematische Physik, 3 *g*. — **Streintz**: Spektroskopie, mit Versuchen, 2. — **Ficker v. Feldhaus**: Allgemeine Meteorologie I, 3; Luft- und Meeresströmungen, 1; Konversatorium, 1. —

Scholl: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, für Lehramtskandidaten, halbtägig, tägl., für Mediziner, 4, für Vorgeschrittene, tägl.; Stereochemie, 1 *g*. — **N. N.**: Pharmazeutische Chemie, 4; Chemie der Methanderivate II: Polykarbonsäuren und Zuckerarten, 1. — **Kremann**: Die Anwendung physikalisch-chemischer Theorien auf technische Probleme, 2; Analytische Chemie, 1; Physikochemisches Praktikum, 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen aus dem Gebiete der physikalischen Chemie für Vorgeschrittene, tägl. — **Hemmelmayr v. Augustenfeld**: Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie: Gärungsindustrien, Sprengstoffe, Papierfabrikation, Gerberei, mit Besichtigung von Fabriksanlagen, 2. —

Dantscher v. Kollesberg: Analytische und projektivische Geometrie der Ebene, 5; Mathematisches Seminar I, 2 *g*. — **Daublebsky v. Sterneck**: Algebra, 4; Zahlentheoretische Hilfssätze zur Algebra, 1; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Streißler**: Darstellende Geometrie I, 3. — **Hillebrand**: Theorie der Rotation der Himmelskörper, 3; Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichsrechnung, 2. —

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Physik, 5; Elektrotechnik, 3, Übungen, 8. — **Streintz**: Physik, 5; Spektroskopie mit Versuchen, 2. — **Fuhrmann**: Einführung in die Ausübung der Photographie, 1. —

Emich: Anorganische Chemie, 7; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene; Anleitung zur mikrochemischen Analyse, für Vorgeschrittene. — **Andreasch**: Qualitative chemische Analyse I, 2, Laboratoriumsunterricht und Übungen I, 14; Chemische Technologie der organischen Stoffe, 4; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der Darstellung organisch-chemischer Präparate, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie und der chemischen Technologie organischer Stoffe, für Vorgeschrittene. — **B. Reinitzer**: Quantitative chemische Analyse, 1, Seminar, 2, Laboratoriumsunterricht und Übungen, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 4; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der anorganisch-technisch-chemischen Analyse, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen Chemie und der chemischen Technologie anorganischer Stoffe, für Vorgeschrittene. — **v. Cordier**: Ausgewählte Kapitel aus der Stereochemie, 1; Geschichte der Chemie in der neuesten Zeit, 1. — **v. Hemmelmayr**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 2. —

Hočevar: Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Stelzel**: Elemente der höheren Mathematik, 4. — **Peithner v. Lichtenfels**: Mathematik II, 5, Übungen, 2. — **Schüßler**: Darstellende Geometrie, 5, Übungen, 6, Seminarübungen: Unterseminar, 2, Oberseminar für Vorgeschrittene, 2; Projektive Geometrie I, 3; Lösung planimetrischer Aufgaben durch räumliche Betrachtung, 2. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik I, 4, Übungen, 3 und 2; Technische Mechanik I, 4. — **Pöschl**: Konversatorium über Mechanik, 2; Physikalische und technische Grundlagen der Luftschiffahrt, 2. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie, 4; Elemente der niederen Geodäsie, 4; Geodätische Zimmerübungen, 1½ und 2; Höhere Geodäsie, 4; Geodätisches Seminar, 6; Situations- und Terraindarstellung, 4 und 2. —

Universität Greifswald.

Mie: Hydrodynamik, 4, Übungen, 1 *g*; Physikalische Übungen, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl.; Physikalische Experimentierübungen I: Handfertigkeitsübungen (mit Herweg), 2; Besprechungen neuerer physikalischer Arbeiten (mit Starke), 2 *g*. — **Starke**: Experimentalphysik II: Elektrizität und Magnetismus, Optik, 4, Mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 2. — **Schreber**: Physikalische Experimentierübungen II: Übungen im Zusammensetzen und Demonstrieren physikalischer Apparate, 2; Thermodynamik der umkehrbaren Kreisprozesse, 2; Luftschiffe und Flugzeuge, 1 *g*. — **Herweg**: Die modernen Meßinstrumente (Genauigkeit, Anwendung), mit Demonstrationen, 1. —

Auwers: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker (mit Scholtz); Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie, 7 *g*. — **Scholtz**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Ausmittelung der Gifte, 1; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 *g*. — **Roth**: Physikalische Chemie, mit Ausschluß der Elektrochemie und Radioaktivität, mit Experimenten, 2; Mathematische Behandlung einfacher physikalisch-chemischer Probleme, 1 *g*; Physikalisch-chemische Übungen, 3½—7½. — **Posner**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 1 *g*. — **Strecker**: Qualitative Analyse, 2; Spezielle anorganische Chemie I: Metalloide, 2; Chemisches Kolloquium für Mediziner, 2. — **Eisenlohr**: Teerfarbstoffe, Spektrochemie, 1. —

Engel: Theorie der Transformationsgruppen (Fortsetzung), 4, Übungen, 1½ *g*; Differential- und Integralrechnung I, 4; Analytische Geometrie des Raumes, 2 *g*. — **Vahlen**: Funktionentheorie, 4, Übungen, 2 *g*; Kinematik und Mechanismen, 1 *g*. — **Blaschke**: Analytische Mechanik II, 4, Übungen, 1½ *g*; Darstellende Geometrie mit Übungen, 4. —

Universität Halle.

Dorn: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Laboratorium: a) Übungspraktikum, 6, b) Halbpraktikum, 3, c) Arbeiten von Geübten, tägl.; Linsentheorie, Interferenz- und Beugungserscheinungen, 2 *g*. — **Schmidt**: Einleitung in die theoretische Physik, 4; Anleitung zum selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Thiem**: Kursus der praktischen Photographie, 2. —

Vorländer: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Schulze), 4; Spezielle Kapitel der anorganischen Chemie, 1 *g*. — **Schneidewind**: Agrikulturchemie I: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, Bodenkunde und Düngerlehre, 4; Technologie der Kohlehydrate: Spiritusfabrikation, 1, Zuckerfabrikation, 1 *g*; Demonstrationen und Exkursionen, *g*. — **Schulze**: Darstellung und Prüfung der Arzneimittel II, 2; Chemisches Praktikum für Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend; Übungen im Sterilisieren für Pharmazeuten, *g*; Die wichtigsten Alkaloide, 1 *g*. — **Baumert**: Gerichtliche Chemie, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Ausgewählte Kapitel aus der Nahrungsmittelchemie: Milch- und Molkereiprodukte, Speisefette und Öle, sowie Kunstspeisefette, 1 *g*. — **Erdmann**: Chemische Technologie I: Wärmeerzeugung, Kälteerzeugung, chemische Großindustrie, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend; Praktischer Kursus in Gasanalyse, Heizwertbestimmungen und technischer Analyse, 4. — **Tubandt**: Physikalische Chemie I, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Kleines Praktikum, 6. —

Cantor: Differential- und Integralrechnung I, 5; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Wangerin**: Integralrechnung, mit Übungen, 4; Anwendung der elliptischen Funktionen, 2; Sphärische Trigonometrie und mathematische Geographie, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Gutzmer**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4; Analytische Mechanik, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Eberhard**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Mathematisches Kolloquium, 1 *g*. — **Buchholz**: Theorie der speziellen Störungen, 2; Wahrscheinlichkeitsrechnung und Theorie der Ausgleichung der Beobachtungsfehler: Methode der kleinsten Quadrate, 1. —

Technische Hochschule Hannover.

Precht: Experimentalphysik, 4; Arbeiten im Laboratorium der Physik, 4. — **Leithäuser**: Grundzüge der Physik, 3; Praktische Physik, 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 3; Theoretische Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I, 8, II, nach Verabredung, III, für Maschineningenieure, 8; Elektrotechnisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Heim**: Elektrische Anlagen I, 3, Übungen, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen und Transformatoren, 2, Übungen, 2; Telegraphie und Telephonie, 2; Elektrische Bahnen II, 1; Elektrische Kraftübertragung, 2. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger, 1; Elektrotechnische Meßkunde I, 2; Die Wickelungen der elektrischen Maschinen, 1 *g*. — **Brückmann**: Turbogeneratoren, 1; Elektrotechnisches Seminar, 1. —

Seubert: Anorganische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Eschweiler**: Analytische Chemie, 3. — **Behrend**: Organische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Decker**: Einführung in die Geschichte der Chemie, 1; Organisch-chemische Arbeitsmethoden, 1. — **Jänecke**: Über Dreistoffsysteme mit besonderer Berücksichtigung der Legierungen, 1. — **Ost**: Grundzüge der chemischen Technologie, 2; Allgemeine chemische Technologie, 4, Übungen, 2; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Bodenstein**: Physikalische Chemie, 3; Elektrochemische Übungen, 4; Arbeiten im elektrochemischen Institut, tägl. außer Sonnabend; Übungen in der Elektroanalyse, 7. — **Laves**: Grundzüge der Nahrungsmittelchemie, 2. —

Kiepert: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2, III, 2; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Variationsrechnung, 2. — **Müller**: Höhere Mathematik II A, 6, Übungen, 2; Anwendung der höheren Mathematik a) Vektoranalysis, 1, b) Mathematische Behandlung ausgewählter Probleme der Technik, 1. — **Wieghardt**: Grundzüge der höheren Mathematik, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der Elastizitätslehre, 1; Die Differentialgleichungen der technischen Mechanik, 1. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 6; Darstellende Geometrie II, 3, Übungen, 6. — **Petzold**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 3. — **Oertel**: Geodäsie I, 4, Übungen, 2, II, 2, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

Universität Heidelberg.

Lenard: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Praktikum (mit Becker), 6; Wissenschaftliche Arbeiten Fortgeschrittener im physikalischen und radiologischen Institut, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Seminar und Kolloquium, 1 *g*. — **Pockels**: Wärmetheorie, 3, Übungen, 1 *g*; Geophysik, 1; Mathematisch-physikalisches Kolloquium (mit Hertz), 1 *g*. — **Becker**: Radiologie: Kathodenstrahlen mit Demonstrationen, 2. — **Müller**: Die atmosphärische Luft und ihre Bestandteile, 1. — **Hertz**: Kinetische Gastheorie, 2. — **Driesch**: Philosophie der organischen Natur, 2; Naturphilosophisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Ramsauer**: Dispersion und Metalloptik, 1. — **F. Schmidt**: Photographisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene, 2. —

Curtius: Experimentalchemie II: Metalle und organische Verbindungen, 6; Praktische Übungen und Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, 20. — **Jannasch**: Gewichtsanalyse, 2; Chemische Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Gasanalytisches Praktikum (mit Franzen), 4; Analytisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 5. — **Knoevenagel**: Chemie der Benzolderivate, 3; Chemie und Technologie der Teerfarbstoffe, 2; Praktische Anwendung organischer Farbstoffe in der Färberei und Druckerei der Textilfasern, nach Verabredung. — **Trautz**: Physikalische Chemie I, 3, Theoretische Übungen, 1; Praktische Einführung in die physikalische Chemie und Elektrochemie, 4—6 Wochen. — **Krafft**: Anorganische Chemie, 4; Praktisch-chemische Übungen und Arbeiten im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Anfänger, 5 Tage; Chemische Ferienkurse, 4 Wochen. — **Dittrich**: Chemie der selteneren Elemente, 1; Chemische Experimentierübungen für künftige Lehrer, 2; Chemisches Praktikum für Anfänger und Nichtchemiker, sowie für Vorgeschrittenere, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum in analytischer und organischer Chemie, 4 Wochen. — **Stollé**: Pharmazeutische Chemie II (organisch), 3; Qualitative Analyse, 2; Synthetische Methoden der organischen Chemie, 2. — **Mohr**: Tautomerie und Desmotropie, 1. — **Darapsky**: Geschichte der Chemie, 2. — **Franzen**: Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1; Biochemie der Mikroorganismen; Gärungschemie, 1; Die Haupttatsachen der Biochemie, für künftige Lehrer, 1; Praktische Einführung in die Bakteriologie und Gärungschemie, nach Verabredung. — **Ebler**: Spektralanalyse, 1. — **Muckermann**: Analytische Methoden offizineller Arzneimittel, 2; Wasser- und Harnanalyse, 1. —

Koenigsberger: Analytische Mechanik, 4; Theorie der Differentialgleichungen, 2; Übungen im mathematischen Unter- und Oberseminar, 2. — **Wolf**: Elemente der Astronomie (und astronomischen Geographie), 3 *g*. — **Cantor**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Elementare Arithmetik, Zahlentheorie und Algebra, 2. — **Koehler**: Analytische Geometrie des Raumes, 4. — **Boehm**: Einleitung in die höhere Mathematik: Infinitesimalrechnung und mathematische Behandlung der Naturwissenschaft, 4; Elliptische Funktionen und verwandte Gebiete der Funktionentheorie, 3. — **Bopp**: Nichteuklidische Geometrie, 2. — **Kopff**: Sphärische Astronomie II, 1. —

Universität Innsbruck.

v. Schweidler: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum, 6; Praktische Übungen für Mediziner, 2 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl., *g*; Besprechung neuerer Arbeiten aus dem Gebiete der Radioaktivität und der Ionentheorie (mit v. Lerch), 1 *g*. — **Tumlirz**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 5; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **v. Lerch**: Ionen und Elektronen, 2; Radioaktivität, 1. — **Hammerl**: Elektrotechnik II: Über Eigenschaften der Wechselströme und den Bau von Wechselstrommaschinen, 2 *g*. — **Exner**: Einführung in die Geophysik, 3; Atmosphärische Optik, 1; Konversatorium über neuere Arbeiten aus der Meteorologie, 1. —

Brunner: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5; Praktische Übungen für Chemiker und Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend, für Lehramtskandidaten, halbtägig. — **Hopfgartner**: Elektroanalyse, 1; Grundzüge der Thermochemie, 1; Elemente der Kolloidchemie, 2. — **Zehenter**: Chemische Technologie der Metalle, 2 *g*. —

Gmeiner: Algebra, 3; Zahlentheorie, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Zindler**: Differential- und Integralrechnung, mit Übungen, 6; Mathematisches Seminar für Vorgebildete, 1 *g*. — **Menger**: Linearperspektive, 2 *g*. — **Prey**: Die Grundlagen der Astronomie, 4. —

Universität Jena.

M. Wien: Experimentalphysik II: Elektrizität und Magnetismus, Optik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Baedeker): a) für Physiker, 6, b) für Chemiker und Pharmazeuten, 4; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen (mit Auerbach, Straubel und Baedeker), tägl. — **Auerbach**: Mechanik der festen, flüssigen und gasigen Körper, 4; Das absolute Maßsystem, 1. — **Straubel**: Geometrische Optik, 1. — **Ambronn**: Einleitung in die Theorie des Mikroskops, 2; Übungen in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate, 2; Mikrophotographie und Projektion, 1. — **Baedeker**: Die absoluten Meßmethoden der Physik, 1. — **Vollmer**: Gleich- und Wechselstromtechnik, 2; Einführung in die landwirtschaftliche Maschinenkunde, 1; Elektrotechnisches Praktikum: a) für Anfänger, 3, b) für Fortgeschrittene, tägl. — **Pauli**: Radiologie II: Radioaktivität und Strahlung des Radiums, Phosphoreszenz, Fluoreszenz, 1. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wolff): Voll- und Halbpraktikum, tägl., Medizinerpraktikum, 6 und 3; Praktikum in der organischen Abteilung und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Rabe und Schneider), 40. — **Wolff**: Analytische Chemie, 3; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Agrikulturchemie I: Pflanzenernährungslehre, 3, II: Tierernährungslehre, 2; Technische Chemie für Landwirte: Stärke-, Zucker-, Spiritusfabrikation usw., 1; Großes und kleines chemisches Praktikum für Landwirte; Agrikulturchemisches Seminar für Fortgeschrittene, 14tägig, 1 *g*. — **Vongerichten**: Chemische Technologie, organischer Teil inklusive Teerfarbstoffe, 2; Technisch-chemischer Kursus für Nationalökonomen, 4; Technisch-chemische Analyse, Färberei und Zeugdruck, 4; Technisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig. — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie I: Anorganische Chemie, 3; Pharmazeutisch-chemisches Halbpraktikum; Untersuchung und Darstellung pharmazeutischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, tägl.; Praktische und theoretische Übungen aus dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl. — **Rabe**: Chemie der Fette, Kohlenhydrate, Eiweißstoffe, 1. — **Marc**: Einführung in die physikalische Chemie I, mit Übungen, 2; Grundlagen der chemischen Thermodynamik, 1; Anleitung zum selbständigen Arbeiten auf physikalisch-chemischem Gebiete, ganz- bezw. halbtägig. — **Schneider**: Methoden der organischen Chemie, 1. —

Thomae: Anwendung der Infinitesimalrechnung auf Geometrie, 5. — **Haußner**: Zahlentheorie, 4; Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 5; Analytische Geometrie des Raumes, 4, Proseminar, 2 *g*; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Frege**: Riemannsche Funktionentheorie, 4; Begriffsschrift, 1 *g*. — **Knopf**: Bestimmung der Bahnen der Himmelskörper, 3; Numerische Berechnung des scheinbaren Laufes der Planeten und Kometen, 1; Populäre Astronomie, 1 *g*. — **Winkelmann**: Technische Mechanik, 4, Übungen, 1; Vektoranalysis: Rechnen mit gerichteten Strecken, 1. — **Thaer**: Darstellende Geometrie II, mit Übungen, 6. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Physik, 4, Ergänzende Demonstrationen, 2; Physikalisches Laboratorium, 6; Seminar für Experimentalphysik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im physikalischen Laboratorium, nach Verabredung. — **Sieveking**: Einführung in die mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 2; Elektronentheorie, 1. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum, mit Vorträgen über die Theorie der Photographie, ferner Darstellung lichtempfindlicher Präparate, 4. — **Arnold**: Dynamobau I: Allgemeiner Teil und Gleichstrommaschinen, 2, II: Synchronmaschinen und Umformer, 2; Wechselstrom-Kommutatormotoren, 1; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Schleiermacher), 6, II, 6; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 3; Theoretische Elektrizitätslehre, 3. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 2; Elektrische Leitungen und Verteilung elektrischer Energie, 2, Übungen, 2; Schwachstromtechnik, 2. — **Hallo**: Theorie der Wechselströme II, einschließlich Transformatoren und Induktionsmotoren, 3, Übungen, 2. — **Hausrath**: Drahtlose Telegraphie, 2; Ausgewählte Kapitel der angewandten Elektrizitätslehre, 1. — **Schwaiger**: Elektromotorische Betriebe I: Elektrische Bahnen, 2; Elektrische Kraftwerke und Schaltanlagen, 2, Übungen, 2. — **Schultheiß**: Meteorologie: Klimatologie, 1. —

Engler: Anorganische Experimentalchemie, 4; Organisch-chemisches Kolloquium (mit Staudinger), 1; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, 5 Tage. — **Bredig**: Physikalische Chemie I, 2; Überblick über die theoretische und technische Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, 5 Tage; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs. — **Bunte**: Chemische Technologie I, 2, II, 2; Metallurgie, 1; Brennstoffe und industrielle Feuerungen, 1; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), für Chemiker, 4, für Maschineningenieure, 3, für Vorgerücktere, tägl.; Gaschemische Übungen, 2; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, 5 Tage; Technologische Exkursionen. — **Askenasy**: Prozesse der elektrochemischen Großindustrie II, 2. — **Dieckhoff**: Organisch-pharmazeutische Chemie, 2; Gerichtliche Chemie, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung I und II, 1, Übungen, 4. — **Just**: Photochemie, 2. — **Leiser**: Die Phasenlehre und ihre metallurgischen Anwendungen mit Demonstrationen: Metallographie, 2; Einleitende Vorträge in physikalischer Chemie und Elektrochemie: Physikalisch-chemische Meßmethoden, 1. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, sowie Gebrauchsgegenständen, 2. — **Skita**: Chemie der Faserstoffe und Farbstoffe I, 2, Übungen, 2. — **Staudinger**: Organische Chemie II, 2. — **Steinkopf**: Methoden der organischen Chemie, 1; Chemie der heterozyklischen Verbindungen I und II, 1. — **Ubbelohde**: Industrie des Petroleums, der Fette und Harze, 2; Chemie der Gase, 2. — **N.N.**: Analytische Chemie II, 2. —

Disteli: Darstellende Geometrie I und II, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Heun**: Mechanik I und II, 4, Übungen, 2; Mechanisches Seminar, 3 *g*; — **Krazer**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Stäckel**: Höhere Mathematik II, 3; Partielle Differentialgleichungen, 2. — **Mohrmann**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2; Arithmetik und Algebra, 2, Übungen, 1; Ebene und sphärische Trigonometrie, 2, Übungen, 1. — **Vogt**: Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes I und II, 2, Übungen, 1; Projektive Geometrie, 2. — **N.N.**: Elemente der Mechanik, 3, Übungen, 1. — **Haid**: Praktische Geometrie, 3; Höhere Geodäsie, 3; Geodätisches Praktikum I, 2, III, 3; Methoden der kleinsten Quadrate, 2. — **Bürgin**: Katastervermessung II: Feldreinigung, 2, Übungen, 2; Repetitorium der praktischen Geometrie, 2; Plan- und Terrainzeichnen, 2 und 4; Ausarbeitung der großen geodätischen Exkursion, 2. — **Stutz**: Organisation der Katastervermessung, 2, Übungen, 1. —

Universität Kiel.

Dieterici: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum, für Mediziner und Pharmazeuten, 4, für Naturwissenschaftler und Mathematiker, 8, für Fortgeschrittene, tägl.; Seminarübungen in thermodynamischen Berechnungen, 1 *g*. — **Weber**: Elektrodynamik, 4; Absolutes Maßsystem, 1 *g*; Theorie physikalischer

Meßapparate, mit Übungen, 1; Ausgewählte physikalische Messungen und Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend. — **Zahn**: Wellenlehre des Lichts, experimentell mit theoretischen Zusätzen, 1. —

Harries: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Praktikum I: Anorganische Abteilung, tägl. außer Sonnabend, II: Organische Abteilung, tägl.; Chemische Gesellschaft (Vorträge über neue Arbeiten auf allen Gebieten der Chemie) (mit Rügheimer, Feist, Preuner, Mumm und Stark), 2 *g*. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Stoehr**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Feist**: Kohlenund Koksindustrie, Teerdestillation, Farbstoffe, Sprengstoffe (organisch-chemische Großindustrie), 1 *g*; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie I: Anorganische Betriebe, 2. — **Preuner**: Einführung in die physikalische Chemie, 2; Elektroanalytische Übungen, 2—3 Wochen. — **Mumm**: Konstitutionsfragen in der organischen Chemie, 1; Die Anwendung organischer Farbstoffe, mit praktischen Übungen, 2. — **Stark**: Einführung in die Terpenchemie, 1. —

Pochhammer: Partielle Differentialgleichungen, 4; Differentialgeometrie, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Höhere Geodäsie, 3; Übungen im numerischen Rechnen, 1 *g*. — **Landsberg**: Integralrechnung, 4; Höhere Algebra, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Kobold**: Methode der kleinsten Quadrate, 2, Übungen, 14tägig, 2 *g*. — **Dehn**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Einführung in die höhere Analysis, 3; Übungen und Vorträge aus der angewandten Mathematik (mit Neuendorff), 2 *g*. — **Wilkens**: Sphärische Astronomie, ausgewählte Kapitel, 1. — **Neuendorff**: Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik II, mit Übungen, 3; Vektoranalysis, 1. —.

Universität Königsberg.

Kaufmann: Experimentalphysik II: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5, Ergänzungen, 1 *g*; Praktische Übungen für Anfänger, für Mathematiker und Physiker, sowie für Mediziner, Chemiker, Pharmazeuten und Naturwissenschaftler, 3, für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Volkmann**: Theorie der Wärme, 4, Übungen und Ergänzungen, 1 *g*; Mathematisch-physikalisches Laboratorium: a) Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten für Anfänger und Vorgerückte, 6, b) Leitung großer spezieller Arbeiten, ganztägig. — **Hoffmann**: Einführung in die Elektrotechnik, 1 *g*. —

Klinger: Allgemeine und anorganische Chemie, 4; Praktikum für Mediziner, 3 Nachmittage; Übungen im Laboratorium (mit Benrath und Blochmann), 4 Tage; Besprechung neuerer Arbeiten, 1; Metallorganische Verbindungen, 1 *g*. — **Stutzer**: Agrikulturchemie: Fütterungslehre, 2; Technologie der Kohlenhydrate: Gewinnung von Spiritus, Zucker, Stärke, Bier, 2; Praktische Übungen im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Die Chemie der wichtigsten Nahrungs- und Genußmittel, 1 *g*. — **Blochmann**: Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2; Technische Gasanalyse, nach Verabredung; Über die für analytische Untersuchungen sowie für technische Betriebe wichtigsten gesetzlichen Bestimmungen, 1 *g*. — **Rupp**: Pharmazeutische Chemie I, anorganischer Teil, 2; Ausmittelung von Giften, 1; Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Arzneimittelprüfung, 1 *g*. — **Benrath**: Photochemie, 2; Spektralanalyse, 1 *g*. —

Meyer: Integralrechnung, 3, Übungen, 1 *g*; Einleitung in die höhere Geometrie, 4, Übungen, 1 *g*. — **N. N.**: Differentialgeometrie der Kurven und Oberflächen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, für Fortgeschrittene, 1½ *g*. — **Battermann**: Einleitung in die Mechanik des Himmels, 2; Allgemeine Astronomie, 1 *g*. — **Kaluza**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Determinanten, 1 *g*. — **Bieberbach**: Partielle Differentialgleichungen, 2, Kolloquium und Ergänzungen, 1. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Licht, 5, Mathematische Ergänzungen, 1; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum (mit Füchtbauer), 3, 6 oder 9, für Mediziner, 3, für Pharmazeuten (mit Scholl und Füchtbauer), 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Einleitung in die theoretische Physik, 4, Übungen, 1 *g*; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **v. Oettingen**: Praktische Meteorologie, mit Übungen, 1. — **Marx**: Vektoranalysis und ihre Anwendung in der Physik, 1; Experimentalvorlesung über elektrische Wellen, 1. — **Scholl**: Spezielle Elektrotechnik: Theoretische Behandlung der Generatoren und Motoren für Gleich- und Wechselstrom, sowie der Transformatoren, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 2. — **Fredenhagen**: Thermodynamik, 2. — **Lilienfeld**: Die Zustandsgleichung und ihre Anwendung auf die experimentelle Untersuchung von Gasen, 1 *g*. — **Füchtbauer**: Elektronentheorie, 1. —

Hantzsch: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum für Analytiker (mit Schaefer), tägl.; Chemisches Vollpraktikum für Fortgeschrittene (mit Stobbe, Rassow und Schaefer), tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum mit Sterilisierkurs (mit Schaefer), tägl. — **Beckmann**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Chemisches Praktikum, tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Ärzte und Zahnärzte, 6; Chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Heller, Deussen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl.: Chemisch-technisches Praktikum (mit Heller), tägl.; Übungen im Sterilisieren für Studierende der Pharmazie (mit Deussen), *g*. — **Le Blanc**: Physikalische Chemie, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Drucker) tägl.; Photochemisch-photographisches Praktikum (mit Schaum), tägl.; Chemisches Praktikum (mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs, auch für Mediziner; Darstellung elektrochemischer Präparate (mit Schall und Drucker), 4 oder 8; Photochemische Übungen: Spektralanalyse, Photographie, Photometrie, Mikroskopie (mit Schaum), 4; Übungen in Elektroanalyse (mit Böttger), halbtägig; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Schaum, Böttger, Drucker), 1½. — **Stobbe**: Die heterozyklischen Verbindungen, mit besonderer Berücksichtigung der Alkaloide, 1; Mehrkernige aromatische Verbindungen: Gruppe des Diphenyls, der Polyphenylmethane, des Naphthalins, Anthrazens usw., 1. — **Wagner**: Experimentelle Einführung in die Chemie auf physikalischer Grundlage, 1 *g*: Chemisches Praktikum für Lehrer: Schulversuche, Analyse und Präparate, tägl., Didaktische Besprechungen für Lehrer: Elektrochemie, 1 *g*. — **Rassow**: Chemische Technologie, organische Betriebe: Stärke, Zucker, Gärungsgewerbe, Fette und Öle, mit Exkursionen, 2; Chemisch-technologisches Praktikum, tägl.; Ausgewählte Kapitel der chemischen Großindustrie mit Exkursionen, 2. — **Schaum**: Photochemie, mit Demonstrationen, 1 *g*. — **Schall**: Ausgewählte Kapitel der elektrochemischen Technik, 1. — **Böttger**: Übersicht über neuere Forschungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie, 1. — **Heller**: Praxis des Farbenchemikers, 1; Chemisches Kolloquium für Mediziner und Pharmazeuten u. a., 1. — **Deussen**: Riechstoffe, ihre Gewinnung, Zusammensetzung und Anwendung, 1. — **Drucker**: Molargewichtsbestimmung von reinen und gelösten Stoffen, 1. — **N. N.**: Neuere Forschungen über das periodische System, 1. — **Scheiber**: Analytische Chemie, für Anfänger, mit Demonstrationen, 2. — **Sieverts**: Metallurgie, 1. — **Ostwald**: Experimentelle Kolloidchemie, 2. — **Waentig**: Anwendung optischer Methoden in der Analyse, 1. — **Schaefer**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen organischen Chemie, mit Demonstrationen, 1; Bestimmung der chemischen Konsti-

tution mittels physikalischer Methoden, mit Demonstrationen, 1. —

Hölder: Elliptische Funktionen, 4; Höhere Algebra, insbesondere Galoissche Theorie der Gleichungen, 2; Seminar: Übungen in Funktionentheorie für Vorgeschrittene, 2 *g*. — **Bruns**: Instrumentenkunde, 3; Fehlertheorie und Ausgleichungsrechnung, 2; Praktische Analysis, 2 *g*; Praktische Übungen in der Sternwarte, *g*. — **Rohn**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen (mit König), 1 *g*; Anwendung der Differentialrechnung auf Raumkurven und Flächen, 4, Übungen, 1 *g*. — **Herglotz**: Mechanik, 5, Übungen, 14tägig, 2 *g*; Fouriersche Reihen und bestimmte Integrale, 2. — **Koebe**: Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen, 14tägig, 2 *g*; Potential- und partielle Differentialgleichungen, 2. — **König**: Lineare Differentialgleichungen im komplexen Gebiet, 2. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik: Wärme, Magnetismus und Elektrizität, 5; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner und Schulze), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl. — **Feußner**: Theoretische Physik: Licht, 4; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Schulze**: Elastizitätstheorie, 2; Interferenz und Polarisation, 1. — **Take**: Vorbereitung zu den Übungen im Physikalischen Praktikum, 1; Repetitorium der Experimentalphysik mit elementar-mathematischen Übungen, 1 *g*. —

Zincke: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen in anorganischer, organischer und analytischer Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Fries), tägl., für Mediziner, halbtägig; Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Fries), 3. — **Schmidt**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und selbständige chemische Arbeiten (mit Keller), im Anschluß: Qualitative Analyse, *g*. — **Fittica**: Chemische Analyse, 3; Ältere Geschichte der Chemie, 1 *g*. — **Thiel**: Physikalische Chemie II, 3; Theoretisch-chemische Übungen, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen physikochemischen und chemischen Untersuchungen, tägl.; Photochemisches und photographisches Praktikum, für Anfänger und Fortgeschrittene (mit Stuchtey), 2; Anleitung zu Demonstrationsversuchen für künftige Oberlehrer (mit Flade), 2. — **Reißert**: Chemie der Benzolverbindungen, 2. — **Fritsch**: Pyridinderivate. — **Fries**: Technologie der wichtigeren organischen Verbindungen, 2; Chemie der Terpene, 1; Chemische Technologie für künftige Verwaltungsbeamte, 2; Chemisches Repetitorium für Mediziner: Anorganische Chemie, 1; Chemisches Kolloquium, 2 *g*. — **Keller**: Zusammensetzung und Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, 2; Untersuchung galenischer Präparate, 1; Prüfung von Arzneimitteln II: Organische Präparate, 1 *g*; Übungen im Sterilisieren, 2. — **Flade**: Grundlagen der analytischen Chemie, 1; Kolloidchemie, 1. —

Hensel: Integralrechnung, 4; Algebra, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Neumann**: Analytische Theorie der Differentialgleichungen, 4; Proseminar: Anwendungen der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 2; Seminar, 2 *g*. — **v. Dalwigk**: Analytische Mechanik II, 2; Höhere Kapitel aus der Theorie der analytischen Funktionen, 2 *g*; Perspektive und Photogrammetrie, 2, Übungen, 3. — **Hellinger**: Analytische Geometrie des Raumes, insbesondere Theorie der Oberflächen zweiten Grades, 4; Mathematische Übungen für niedere Semester: Analytische Geometrie, Integralrechnung, 2; Ausgewählte Abschnitte aus der Theorie der Funktionen reeller Veränderlicher, 1. — **Wegener**: Allgemeine Astronomie, mit Lichtbildern und Demonstrationen, 1. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Licht, 5; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Koch und Wagner), 12; Handfertigkeitskurs, 6. — **Sommerfeld**: Maxwellsche Theorie, Grundlagen und einfachere Teile derselben, 4, Seminar: Übungsaufgaben, 2 *g*; Theorie der Röntgenstrahlen und Verwandtes, für Vorgeschrittene, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im Institut für theoretische Physik, tägl. — **Graetz**: Experimentalphysik I: Einleitung, Wärme, Elektrizität, 5; Einleitung in die theoretische Physik II, 2; Praktikum für physikalische Demonstrationen, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten aus der Physik, tägl. *g*. — **Donle**: Physikalische Maße und Meßmethoden, 2. — **Laue**: Theoretische Optik, 3, Übungen, 1 *g*. — **Koch**: Interferenzspektroskopie, mit Demonstrationen ihrer Anwendungen auf Probleme der neueren Optik, 1. — **Schmauß**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, 4. — **Wagner**: Die Entladung der Elektrizität durch Gase II: Kathodenstrahlen, Röntgenstrahlen, Kanalstrahlen, mit Experimenten, 1; Mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik I, 1. —

v. Baeyer: Unorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Piloty, Vanino und Prandtl in der unorganischen, mit Dimroth, Dieckmann und Wieland in der organischen Abteilung), tägl. außer Sonnabend; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium für fortgeschrittenere Mediziner (mit Piloty), ganz- oder halbtägig; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Piloty und Vanino), 4. — **Paul**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde: Anorganische Präparate, 3; Nahrungsmittelchemie I, 2; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich physikalisch-chemischer, elektrochemischer und nahrungsmittelchemischer Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren (pharmazeutisch-chemische Übungen) (mit Heiduschka), tägl. außer Sonnabend. — **Piloty**: Analytische Chemie I, 3; Elektrolytisches Praktikum, ganztägig; Organische Chemie des Organismus, 3. — **Dimroth**: Spezielle organische Chemie I: Aliphatische Verbindungen, 3. — **Prandtl**: Spezielle unorganische Experimentalchemie II: Metalloide und Schwermetalle, 4; Praktikum für Gasanalyse, 4. — **Dieckmann**: Chemie der Kohlehydrate, 1 *g*. — **Wieland**: Heterozyklische Verbindungen, 1; Über Alkaloide, 1. — **Heiduschka**: Harnanalyse, 1; Ausmittelung von Giften, Gerichtliche Chemie, 2; Chemische Wertbestimmung von Drogen und galenischen Arzneimitteln, 1. — **Schlenk**: Elemente der physikalischen Chemie I, 2. — **Pummerer**: Geschichte der Chemie, 1. — **Meyer**: Photochemische Reaktionen, 1. —

Lindemann: Differentialrechnung, 5; Theorie der Abelschen Funktionen, 4; Mathematische Grundlagen des Versicherungswesens, 2; Mathematisches Seminar: Anwendungen der elliptischen Funktionen, 1½ *g*. — **v. Seeliger**: Grundfragen der Astronomie, 4; Astronomisches Kolloquium, *g*. — **Voß**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Mechanik I, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Pringsheim**: Elemente der Zahlentheorie, 4; Über einige neuere Methoden und Ergebnisse der Funktionenlehre, 4. — **Brunn**: Elemente der höheren Mathematik und Grundzüge der darstellenden Geometrie einschließlich Übungen, 4. — **Doehlemann**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 3; Synthetische (neuere) Geometrie, 5; Übungen, 1 *g*. — **Großmann**: Mathematische Geographie, 2. — **Hartogs**: Elementare Geometrie der Ebene und des Raumes, einschließlich Trigonometrie, 4; Ergänzungen zur algebraischen Analysis: Unendliche Produkte und Kettenbrüche, 1 *g*. —

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärmelehre, Elektrophysik I, 6; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete

der Physik, nach Verabredung. — **K. Fischer**: Grundzüge der Physik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Magnetismus, 3; Apparate und Methoden des physikalischen Unterrichts an Mittelschulen I: Mechanik, Elastizität, Wärme, 3; Einführung in die theoretische Physik I: Mechanik, Hydrodynamik, Elastizität und Wärme, 4. — **Knoblauch**: Ausgewählte Kapitel der technischen Thermodynamik, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik, nach Verabredung. — **Edelmann**: Neuere akustische Versuche, Apparate und Messungen, 1. — **Emden**: Aerodynamik und ihre Anwendung auf flugtechnische Probleme, 2; Meteorologie und Klimatologie, 2. — **Ewers**: Gasentladungen, 2. — **von und zu Aufseß**: Grundlagen der Astrophysik, 2. — **Schröter**: Mechanische Wärmetheorie: Technische Thermodynamik, 2, Übungen, 1; Theoretische Maschinenlehre, 3, Übungen: Graphische Lösung von Aufgaben, 2. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Lüftung, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, 3; Schwachstromtechnik: Telegraphie, Telephonie und drahtlose Telegraphie, 2. — **Heinke**: Einführung in die Elektrotechnik, 4; Elektrische Meßtechnik, 3; Elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 8; Elektrotechnisches Praktikum für Vorgeschrittene, 20—32. — **Ossanna**: Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen I: Gleichstrommaschinen und Umformer, 3, II: Synchrongeneratoren und Synchronmotoren, 3; Wechselstrom-Kommutatormotoren, 2; Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Umformern und Transformatoren, 8 und 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4. — **Kadrnozka**: Bau und Betrieb elektrischer Anlagen I: a) Elektrische Kraftbetriebe, 2, b) Elektrische Bahnen, 3, II: Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit, 2. — **Urban**: Unterrichtskurse in praktischer Photographie, 1, Praktische Übung, 3. —

Muthmann: Unorganische Experimentalchemie einschließlich der Grundzüge der physikalischen Chemie, 6; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10, 20 oder 30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Lipp**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 2; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 30. — **Eibner**: Geschichte der aromatischen Diazoverbindungen, 1. — **Rohde**: Heterozyklische Verbindungen I, 1, II. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse II, 2; Theoretische Elektrochemie, 2. — **Schultz**: Chemische Technologie mit Brennmaterialienlehre und Feuerungskunde I, 3; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, 30; Chemisch-technische Übungen: Chemisch-technische Analyse, Färberei, 4. — **Lintner**: Chemische Technologie des Wassers und der Kohlehydrate, 3; Gärungschemisches Praktikum nebst Übungen in der Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, 30. —

v. Dyck: Grundzüge der höheren Mathematik, 4, Übungen, 2; Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4, Übungen, 2; Mathematisches Seminar (Kolloquium) (mit Finsterwalder, Burkhardt und Liebmann), 2. — **Finsterwalder**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, 2. — **Burkhardt**: Höhere Mathematik III, 5, Übungen, 2; Elliptische Funktionen, 4. — **Liebmann**: Elementare Mathematik, 4, Übungen, 1; Trigonometrie, 3, Übungen, 1; Vektoranalysis, 2. — **Burmester**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4. — **Schmidt**: Vermessungskunde I, 4, Praktikum, 2 und 4; Landesvermessung, 4; Katastertechnik I, 3, Praktikum III, 4; Kartierungsübungen, 4. — **Bischoff**: Rechnungsmethoden der Bayer. Katasterverwaltung, 1; Graphisches und mechanisches Rechnen: Rechenschieber, Rechenmaschinen, Planimeter etc., 1. — **Großmann**: Elemente der Astronomie, 2. — **N. N.**: Anleitung zur rechnerischen Ausarbeitung geodätischer Aufnahmen, Übungen, 2. — **Föppl**: Technische Mechanik II: Graphische Statik, 3, Übungen, 2, III: Festigkeitslehre, 4. — **Helmerichs**: Zeichnen geodätischer Instrumente, 2. —

Universität Münster.

Schmidt: Experimentalphysik: Elektrizität und Optik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Matthies), 3 oder 6, für Fortgeschrittene (mit Konen), tägl.; Physikalisches Seminar (mit Konen und Matthies), 14tägig, 2 *g*. — **Konen**: Theoretische Physik I: Theorie der Wärme und der Strahlung, 4, Übungen, 1 *g*; Übungen in Demonstrationsversuchen und in der Anfertigung einfacher Apparate (mit Ley), 3; Ausgewählte Kapitel der neueren Physik, mit Experimenten, 1 *g*. — **Matthies**: Einführung in die Vektoranalysis, 1. —

Salkowski: Anorganische Chemie, 5; Die zyklischen Verbindungen, 2 *g*; Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner (mit Kaßner und Ley), 6; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Ley), tägl. außer Sonnabend. — **König**: Übungen im Laboratorium der agrikulturchemischen Versuchsstation, tägl. *g*. — **Kaßner**: Maßanalyse, 1 *g*; Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Medizin und Pharmazie, 4; Kolloquium über pharmazeutische Präparate und die Gegenstände des Deutschen Arzneibuchs, 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, mit besonderer Berücksichtigung der Analyse der Gase, 1; Pharmazeutisch-chemische und toxikologische Übungen im Laboratorium, Darstellung chemischer Präparate, für Vorgerücktere Bearbeitung wissenschaftlicher oder technischer Aufgaben, 25. — **Ley**: Physikalische Chemie I, 2; Anwendung spektroskopischer Methoden auf chemische Probleme, 1 *g*. — **Bömer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2 *g*; Repetitorium der Nahrungsmittelchemie, 1 *g*. —

Killing: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*; Determinanten und niedere Algebra, 2; Wiederholungen und Übungen für die zweite Lehrstufe in der Mathematik, 2. — **v. Lilienthal**: Analytische Geometrie II, 4; Analytische Mechanik II, 4; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*. — **N. N.**: Darstellende Geometrie mit Übungen, 4; Über Flugtechnik, 1. — **Plaßmann**: Mathematische Geographie und elementare Astronomie, 2 *g*; Anfangsgründe der Bahnbestimmung, 2; Zeitrechnung und Kalenderkunde für Historiker, 2; Übungen im Beobachten und Rechnen, nach Verabredung, *g*. —

Akademie Posen.

Spies: Die Lehre vom Licht, 2; Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 1; Physikalisches Kolloquium, 1; Physikalische Übungen, 3; Übungen für Vorgeschrittene, nach Verabredung. —

Wörner: Anorganische Chemie II: Chemie der Metalle, 2; Chemische Übungen für Anfänger, 2, für Geübtere, nach Verabredung; Praktische Kurse zur Einführung in die Untersuchungsmethoden des Arzneibuchs, 2. —

Kummerow: Analytische Geometrie des Raumes, 2; Unendliche Reihen, 1. —

Universität Prag.

Lampa: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum I, a) für Physiker und Mathematiker, 6, b) für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Einstein**: Mechanik, 3; Wärmelehre, 2; Übungen im Seminar, 2 *g*. — **Spitaler**: Meteorologie I: Allgemeine Eigenschaften der Atmosphäre und ihre Temperatur, 2; Astrophysik, 2. —

Meyer: Anorganische Chemie für Philosophen, Mediziner und Pharmazeuten, 5; Chemische Experimentierübungen, 2; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. *g*; Anleitung zur Ausführung von Vorlesungsexperimenten, für Vorgeschrittene, 5. — **Rothmund**: Physikalische Chemie I, 4; Radioaktivität, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. — **Kirpal**: Pharmazeutische Chemie, 4. — **Hönigschmid**: Qualitative und quantitative Analyse, 3.

— **Fortner**: Chemie der Nahrungsmittel mit Demonstrationen, 3. —

Pick: Infinitesimalgeometrie, 5; Übungen im Seminar, 2 *g*. — **Weinek**: Sphärische Astronomie II: Refraktion, Aberration, Präzession, Nutation, 3. — **Scheller**: Physik der Sonne, 2. —

Technische Hochschule Prag.

Tuma: Physik, 5, für Kulturingenieure und Geodäten, 3; Physikalisches Praktikum, insbesondere für Chemiker, 3, für Lehramtskandidaten, 6. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik, 4; Praktische Übungen, 3; Ausgewählte Kapitel der Wechselstrom-Elektrotechnik, 1. — **Pichl**: Meteorologie und Klimatologie, 3. —

Meyer: Allgemeine Experimentalchemie: Mineralstoffe, 6; Analytische Chemie (qualitative), 2; Praktische Übungen in der qualitativen Analyse, 21, in der quantitativen Analyse, 25; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Geübtere, 30; Einführung in die Kolloidchemie, für Geübtere, 1. — **Storch**: Chemie der Metalle und technische Metallgewinnung, 2; Maßanalyse und chemische Arithmetik, 1; Physikalisch-chemisches Laboratorium; Physikalische Chemie I: Chemische Statik und Dynamik, 2, III: Elektrochemie, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, 15; Physikalische Methoden der Untersuchung von Nahrungsmitteln, 1, Übungen, 3. — **Außerwinkler**: Praktische Photographie, 1, Übungen, 4. — **v. Gintl**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel und über die Methode der chemischen Untersuchung derselben, 2, Übungen, 6; Praktische Unterweisung in der chemischen Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsartikeln, 1, Übungen, 4; Elementaranalyse organischer Verbindungen, 2, Übungen, 2; Methoden der quantitativen Mineralanalyse, 2; Enzyklopädie der technischen Chemie, 2. — **Ditz**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe: Chemische Großindustrie, 6; Übungen im anorganisch-technologischen Laboratorium, 23. — **v. Georgievics**: Chemische Technologie organischer Stoffe I: Erzeugung von Zucker, Stärke, Bier, Spiritus, Wein, Essig, Natürliche und künstliche Farbstoffe, Technologie der Fette, Öle und Erdöle, $6^1/_2$; Übungen im organisch-technologischen Laboratorium, $23^1/_2$. —

Carda: Mathematik I, 6; Elemente der höheren Mathematik, 6, Übungen, 1; Mathematik für Kandidaten des Lehramtes an höheren Handelsschulen, 3; Ausgewählte Kapitel der Differential- und Integralrechnung: Binare Formen, 2; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. — **Kowalewski**: Mathematik II, 5, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2. — **Rosmanith**: Versicherungsmathematik I, 4, II, 4; Politische Arithmetik, 2, Übungen, 2. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 5, Konstruktive Übungen, 8 und 6; Geometrie der Lage, 3, Übungen, 4; Übungen in der darstellenden Geometrie für Vorgeschrittene, 6. — **Stark**: Enzyklopädie der Mechanik II, 2; Mechanik I, 6, Repetitorium, 1; Graphische Statik, 2, Konstruktive Übungen, 2. — **Haerpfer**: Elemente der niederen Geodäsie, 3, Übungen, 2; Kartenprojektion, 1. — **Adamczik**: Praktische Geometrie I: Niedere Geodäsie, $4^1/_2$, Übungen, 2, III: Höhere Geodäsie, 3, Übungen, 2; Geodätische Schlußübungen, 15 Tage; Geodätisches Praktikum, Geodätisches Rechnen, 2; Technisches Zeichnen A: Plan- und Terrainzeichnen, 4, für Geodäten, 3. — **Grünwald**: Geometrie der Bewegung starrer Systeme, 2. —

Universität Rostock.

Heydweiller: Experimentalphysik II: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen, mit Handfertigkeitsunterricht, für Mathematiker und Naturwissenschaftler (mit Weber), 8, für Mediziner und Pharmazeuten, 4; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl.: Physikalisches Seminar (mit Weber), 1 *g*. — **Weber**: Einführung in die theoretische Physik, 3; Elektrizität und Magnetismus, 2; Vektoranalysis, 1; Übungen zur theoretischen Physik, 1. —

Michaelis: Organische Chemie, 5; Übungen im chemischen Laboratorium: a) Großes Praktikum, tägl., b) Kleines Praktikum, 9, c) Toxikologisches Praktikum (mit Stoermer), 4, d) Übungen für Mediziner, 4, e) Übungen für Nahrungsmittelchemiker (mit Kunckell), 4; Pharmazeutische Präparatenkunde, 2 *g*. — **Stoermer**: Analytische Chemie, 4; Gerichtlich-toxikologische Chemie, 2. — **Honcamp**: Agrikulturchemie I: Pflanzenernährung, 2; Agrikulturchemisches Praktikum, tägl. — **Kümmell**: Chemische Verwandtschaftslehre: Statik, Kinetik, Thermochemie, Photochemie, 4; Kleines physikochemisches Praktikum, 4; Physikochemisches Vollpraktikum (Leitung selbständiger Arbeiten), tägl. — **Kunckell**: Repetitorium der pharmazeutischen Chemie mit Untersuchung der Arzneimittel und Gesetzeskunde, 3; Examinatorium der Chemie für Pharmazeuten, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Chemie: Salzsäure, Schwefelsäure, Soda, 1; Einführung in die Nahrungsmittel- und Harnanalyse, 1. —

Staude: Differential- und Integralrechnung, 4; Anwendung der Differentialrechnung auf Geometrie: Theorie der Kurven und Flächen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. —

Universität Straßburg.

Braun: Experimentalphysik II: Wärme, Akustik, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen, 13; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium (mit Cohn), 2 *g*. — **Cohn**: Theorie des Lichtes, 3, Ergänzung: Grundlagen der Elastizitätslehre, 1. — **Hergesell**: Grundzüge der Meteorologie und Wetterprognose, 2; Meteorologisches und geophysikalisches Kolloquium, 14tägig, 2; Meteorologische Übungen, für Geübtere, nach Verabredung, *g*. — **Mandelstam**: Die physikalischen Grundlagen der Telegraphen- und Fernsprechtechnik, mit seminaristischen Übungen, 3. — **Gans**: Theorie des Magnetismus, 2. —

Thiele: Allgemeine Experimentalchemie, anorganischer Teil, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene (mit Wedekind und Straus), tägl. außer Sonnabend; Kolloquium über neuere chemische Literatur (mit Wedekind und Straus), 14tägig, 2 *g*. — **Schär**: Pharmakognosie, 4; Pharmakognostische Demonstrationen, 1 *g*; Grundzüge der physiologischen Chemie, für Pharmazeuten, 2; Übungen und Untersuchungen im pharmazeutischen Institut, tägl. außer Sonnabend; Pharmakognostisch-mikroskopisches Praktikum (mit Rosenthaler) I, 3, II, 2—3; Chemisches Praktikum für Nahrungsmittelchemiker (mit Rosenthaler), tägl. außer Sonnabend. — **Rose**: Chemische Technologie der Metalloide, 3; Die Untersuchung und Reinigung des Wassers, 1 *g*. — **Wedekind**: Analytische Chemie, einschließlich Maßanalyse, 3; Radioaktivität und Kolloidchemie, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4. — **Kreutz**: Zuckerfabrikation und Bierbrauerei, mit Exkursionen, 1. — **Rosenthaler**: Die Anatomie der wichtigsten Drogen, 1. — **Straus**: Die Teerfarbstoffe und ihre Anwendung in der Färberei II, $1^3/_4$; Praktikum über die Anwendung der Teerfarbstoffe, nach Verabredung; Organische Reaktionen in ihrem Zusammenhang, 2. —

Weber: Differential- und Integralrechnung, 4; Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars (mit Wellstein, v. Mises und Epstein), $1^1/_2$ *g*. — **Schur**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Flächentheorie, 2; Übungen des mathematischen Seminars, für Vorgerückte, $1^1/_2$ *g*. — **Bauschinger**: Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 4, Übungen, 1; Astronomische Beobachtungen für Geübtere, nach Verabredung. — **Simon**: Ebene und sphärische Trigonometrie, 3, Übungen, 1; Nichteuklidische Geometrie in elementarer Behandlung, 2. — **Wellstein**: Anwendungen der Infinitesimalrechnung, 3; Determinanten, 2; Übungen im mathematischen Unterseminar, 1. — **v. Mises**: Technische Mechanik I: Festigkeitslehre und graphische Statik, mit Übungen, 4; Graphische und numerische Methoden in der Analysis, mit Übungen, 2; Seminarübungen

in angewandter Mathematik, $1^1/_2$ *g*; Übungen zur darstellenden Geometrie, *g*. — **Epstein**: Fouriersche Reihen und verwandte Entwicklungen, 2. — **Wirtz**: Kometen und Meteore, 1. —

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimentalphysik, 4, Mathematische Ergänzung, 2; Physikalisches Praktikum (mit Szivessy), tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu physikalisch-wissenschaftlichen Arbeiten (mit Szivessy), tägl.; Handfertigkeitspraktikum in Physik, 2—3; Physikalisches Kolloquium, 2; Meteorologie, 1. — **Wallot**: Theorie der Elektrizität, 2. — **Veesenmeyer**: Grundlagen der Elektrotechnik: a) Grunderscheinungen und Grundgesetze, 1, b) Technische Anwendungen, 5; Elektrische Maschinen und Apparate I, 3; Elektrotechnische Maschinenkonstruktionen, 8; Einrichtung und Betrieb elektrotechnischer Fabriken, 1; Projektieren elektrischer Anlagen, 4. — **v. Dietrich**: Elektrische Beleuchtung, 2; Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium (mit Herrmann): Praktikum II u. III. — **Herrmann**: Elektrische Zentralanlagen und Leitungen, 2; Schwachstromtechnik, 2; Theorie der Wechselströme, 2. —

v. Heil: Unorganische Chemie, 4; Organische Chemie, 5; Übungen im Laboratorium für reine und pharmazeutische Chemie (mit Kauffmann, Schmidt u. Bauer), tägl. außer Sonnabend. — **Müller**: Elektrochemie, 2; Technische Chemie, 2; Übungen im Laboratorium für Elektrochemie und technische Chemie (mit Wegelin), tägl. außer Sonnabend; Analytische Chemie auf physikochemischer Grundlage. — **Häußermann**: Chemische Technologie der Brenn- und Leuchtstoffe, 2. — **Küster**: Pharmazeutische Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Kauffmann**: Radioaktivität und Elektronik, 1 Vormittag; Farbenchemie, 2. — **Schmidt**: Analytische Chemie, 2; Einführung in die Stöchiometrie, 1; Organische Chemie für Vorgeschrittene, 2. — **Obermiller**: Repetitorium über organische Chemie, 1. — **Bauer**: Arbeitsmethoden des Deutschen Arzneibuchs II, 1; Die chemische Untersuchung des Harns, 1. — **Philip**: Maßanalyse, 1. — **Rohland**: Technologie der Mörtelmaterialien, 1 *g*; Unorganische Chemie, 1 *g*. — **Brunner**: Photochemie, mit besonderer Berücksichtigung der Photographie, 1. —

Haller: Ebene und sphärische Trigonometrie, 2, Übungen, 2. — **Stübler**: Niedere Analysis, 4; Elemente der Differential- und Integralrechnung, 3, Übungen, 1. — **Faber**: Höhere Mathematik II, 6, Übungen, 2; Mathematisches Seminar, 2. — **Wölffing**: Funktionentheorie I, 3. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen (mit Stübler), 4; Vektorenrechnung, 3, Übungen, 1; Graphisches Rechnen, 1, Übungen (mit Stübler), 2; Mathematisches Seminar, 1. — **Kommerell**: Grundlagen der Geometrie, 2. — **Roth**: Schattenkonstruktionen und Beleuchtungskunde, 4. — **Kriemler**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 2. — **Heer**: Plan- und Geländezeichnen, 4; Geodätische Übungen, 4. — **v. Hammer**: Ausarbeitung geodätischer Aufnahmen, 2; Praktische Geometrie I: Vermessungskunde, 3, Übungen, 6; Kartenprojektionen für kartographische und geodätische Zwecke, 1, Übungen, 1; Grundzüge der höheren Geodäsie, 2; Barometrische Höhenmessung, 1. — **A. Baumann**: Freiballon und Luftschiffbau, 3; Kraftfahrzeuge, 2; Der heutige Stand der Luftschiffahrt und Flugtechnik, 1. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik: Schall, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, halbtägig; Selbständige wissenschaftliche Untersuchungen, ganztägig. — **N. N.**: Theoretische Physik I: Einleitung und Theorie der Wärme, 3, Übungen, 2; Meteorologie und Klimatologie, 1. —

Wislicenus: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, für Anfänger und Fortgeschrittene, tägl.: a) Analytisch-chemisches Praktikum (mit Bülow), b) Chemisch-pharmazeutisches Praktikum (mit Weinland), c) Präparative Arbeiten (mit Kliegl), d) Physikalisch-chemische Übungen (mit Magnus), e) Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Bülow und Weinland), f) Abgekürztes chemisches Praktikum (mit Bülow), 2 Halbtage. — **Thierfelder**: Organische Chemie für Mediziner, 4; Praktisch-chemische Übungen für Anfänger I: Qualitative Analyse, 6, II: Quantitative Analyse und physiologisch-chemische Übungen, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Bülow**: Analytische Chemie I, 2; Theoretische Erörterungen zu den praktischen Übungen II, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, 3; Kolloquium über neueste Patentliteratur. — **Weinland**: Chemie der Arzneistoffe I: Anorganischer Teil, 2; Quantitative Untersuchung der Arzneimittel I: Anorganischer Teil, 1; Chemie der Nahrungsmittel, 1. — **Kliegl**: Moderne chemische Probleme, 1. — **Magnus**: Allgemeine physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 4. —

v. Brill: Einführung in die höhere Mathematik, 4; Theorie der algebraischen Kurven, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Höhere Analysis II, 4; Höhere Algebra, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Perron**: Niedere Analysis, 4, Übungen, 1; Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 3. — **Happel**: Graphische Statik, 1, Übungen, nach Verabredung, *g*; Wahrscheinlichkeitsrechnung mit Anwendungen auf die mathematische Statistik, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Magnus und Rosenberg), 1. — **Rosenberg**: Bahnbestimmung von Planeten und Kometen: Erste Approximation, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Astrophysik, 1; Übungen in astronomischen Beobachtungen für Anfänger, 2; Leitung selbständiger astronomischer und astrophysikalischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. —

Universität Wien.

Lecher: Experimentalphysik für Lehramtskandidaten und Mediziner, 5. — **Exner**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten I, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 6; Physikalische Übungen für Vorgeschrittene, tägl. — **Hasenöhrl**: Potentialtheorie, 5; Prosemitar für theoretische Physik, 1 *g*; Seminar für theoretische Physik, 1 *g*; Besprechung neuer Arbeiten über theoretische Physik (mit Ehrenhaft, Nabl und Frank), 1. — **Meyer**: Radioaktivität, 3. — **Haschek**: Physikalisches Praktikum für Vorgeschrittene, 8; Experimentalphysik mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazeuten, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 6. — **Kohl**: Grundzüge der Theorie der elektrolytischen Dissoziation, 2. — **Przibram**: Ausgewählte Kapitel aus der Molekularphysik, 1. — **Nabl**: Ausgewählte Kapitel aus der Dynamik, 1. — **Frank**: Die Anwendung der Integralgleichungen in der mathematischen Physik, mit einer Einführung in die Theorie der Integralgleichungen, 3. — **Heß**: Ionen und Elektronen, 1. — **Trabert**: Einleitung in die Physik der Erde, 2, Konversatorium, 1. — **Defant**: Das solare Klima und seine Modifikationen, 1; Einführung in die theoretische Meteorologie, 1. — **Schmidt**: Meteorologie der freien Atmosphäre, 1. —

Wegscheider: Theoretische und physikalische Chemie II: Verwandtschaftslehre einschließlich Elektrochemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, 5 Tage; Arbeiten im I. chemischen Laboratorium für Vorgeschrittene (mit Wenzel und Pollak), tägl. — **Goldschmiedt**: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger u. für Vorgeschrittene, 5 Tage, für Mediziner, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, 5 Tage. — **Herzig**: Chemie der Benzolderivate, 5; Übungen aus pharmazeutischer Chemie für Pharmazeuten, 5 Tage. — **Lippmann**: Chemie des Chinolins, Pyridins und der Alkaloide, 2. — **Schacherl**: Ausgewählte Kapitel der Chemie und Technologie der Nahrungsmittel, 2. — **Franke**: Anleitung zur Ausführung chemisch-wissenschaftlicher Arbeiten, 5 Tage. — **Pollak**: Chemische Technologie: Organi-

sche Farbstoffe und ihre Anwendungen I, mit Exkursionen, 2; Elemente der analytischen Chemie, insbesondere für Pharmazeuten, 2; Färberei-chemische Übungen, 5. — **Wenzel**: Chemische Technologie: Brennstoffe, 1. — **Billiter**: Kolloidchemie, 1 *g*. — **M. Kohn**: Besprechung neuerer Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 1. — **Abel**: Chemische Kinetik, 2. — **Moßler**: Terpene und Kampfer, 1; Glykoside, 1. — **Kailan**: Einführung in die Chemie und Technologie der Fette und Öle, 1. —

v. Escherich: Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen, 1; Proseminar für Mathematik, 1 *g*; Seminar für Mathematik, 2 *g*. — **Wirtinger**: Theorie der Funktionen einer kompletten Veränderlichen, 5, Übungen, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 1 *g*; Mathematisches Proseminar: Übungen in der graphischen Behandlung elementarer Funktionen, 1 *g*. — **G. Kohn**: Analytische Geometrie, 4, Übungen, 1 *g*; Differentialgeometrie II, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik, 4; Mathematische Statistik, 2. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik I, 3. — **Hanni**: Das Dualitätsgesetz der Geometrie und seine Bedeutung in der Physik, 2. — **Schrutka**: Differenzen- und Interpolationsrechnung, 2. — **Hepperger**: Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 4. — **Oppenheim**: Mechanik des Himmels I, 5. — **Schram**: Astronomische Chronologie, 1. — **Ebert**: Populäre Astronomie, mit Lichtbildern, 1; Astronomische Rechenübungen, 1; Theoretische Astronomie, 2. —

Technische Hochschule Wien.

Jäger: Physik, 5; Optik für Geodäten, 2. — **Mache**: Physik, 5. — **Lisnar**: Meteorologie und die wichtigsten Lehren der Klimatologie, 2. — **Sahulka**: Elektrotechnik, $4\frac{1}{2}$, Praktische Übungen I (mit Reithoffer), 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Reithoffer**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrische Schwingungen und Wellen, 2. — **Pichelmayer**: Dynamobau, 5; Dynamobau B, Konstruktionsübungen II, 8; Elektrotechnik, Praktische Übungen II, 4. — **Hochenegg**: Elektrische Arbeitsübertragung, 3; Bau und Betrieb elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 4. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahn-Signalwesen, 2. —

Bamberger: Allgemeine Experimental-Chemie I: Anorganische Chemie, 6; Übungen im Laboratorium der allgemeinen Experimentalchemie, 20. — **Suida**: Allgemeine Experimental-Chemie II: Organische Chemie II (Die wichtigsten Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen), 4; Chemische Technologie organischer Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, 20. — **v. Jüptner**: Theoretische und physikalische Chemie II, 2; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 5, Übungen, 20; Technische Feuerungen, 5 bezw. 1. — **Praetorius**: Physikalisch-chemisches Messen und Rechnen, 1. — **Skrabal**: Qualitative chemische Analyse, 2. — **Böck**: Chemie der Alkaloide, 2. — **Paweck**: Theoretische Elektrochemie, 2; Das Rosten des Eisens und die Rostschutzmittel, insbesondere die elektrochemische Verzinkung, 1. — **Abel**: Angewandte physikalische Chemie, 2. — **Klimont**: Chemie der Fette, 1; Chemie der hydroaromatischen Verbindungen und Terpene, 2. — **Lippmann**: Synthese der Benzolderivate, 3. — **Ulzer**: Technische Analyse organischer Stoffe, 2. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. — **Strache**: Beleuchtungswesen und Gasindustrie II, $1\frac{1}{2}$. — **Erban**: Chemische Textilindustrie I und II, 2. —

Zsigmondy: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Rothe**: Mathematik I, 5; Elemente der Theorie der Differentialgleichungen und Einführung in die Theorie der kontinuierlichen Gruppen, 2. — **Czuber**: Mathematik II, 5; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. — **v. Schrutka**: Grundlehren der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 1; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2. — **Reich**: Ausgewählte Kapitel aus der höheren Algebra, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik I, 4, II, 2. — **Förster**: Politische Arithmetik, 2. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik, 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 5, Konstruktionsübungen 6; Die Abbildungsmethoden der darstellenden Geometrie, 2 Konstruktionsübungen, 2; Seminar für darstellende Geometrie, 2. — **Schmid**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktionsübungen, 6; Projektive Geometrie I, 3. — **N. N.**: Mechanik I: Mechanik der starren und flüssigen Körper, 5. — **Jung**: Mechanik I: Mechanik der starren und flüssigen Körper, 5, Übungen, 2; Äußere Ballistik, 2. — **Kirsch**: Mechanik II: Elastizitäts- und Festigkeitslehre, 6. — **Girtler**: Enzyklopädie der Mechanik, 5; Theorie und Anwendung des Kreisels, 2. — **Leon**: Analytische Mechanik des elastischen festen Körpers (Theorie der Elastizität und Festigkeit), 2. — **Pollack**: Elemente der niederen Geodäsie, $4\frac{1}{2}$. — **Dolezal**: Praktische Geometrie, $4\frac{1}{2}$, Übungen, 5; Situationszeichnen (Geodätisches Zeichnen), 4; Geodätisches Seminar, 2; Photographische Meßkunst (Photogrammetrie), $1\frac{1}{2}$, Übungen, 2. — **Dokulil**: Technik des Katasterwesens, 3. — **Schumann**: Höhere Geodäsie, 3; Ausgewählte Kapitel aus höherer Geodäsie, 1; Übungen im Beobachten und Rechnen, 3. — **N. N.**: Geodätische Rechenübungen, $2\frac{1}{2}$. —

Universität Würzburg.

Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Magnetismus, 5; Praktische Übungen, 4 bzw. 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Cantor**: Elektrizität und Magnetismus, 4. — **Harms**: Resonanztheorie, mit Anwendungen auf elektrische und optische Erscheinungen, 2. —

Medicus: Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 5; Praktikum für Pharmazeuten, halb- und ganztägig: Kursus technisch-chemischer Analysen, 2 halbe Tage; Praktikum der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, halb- oder ganztägig. — **Buchner**: Experimentalchemie I: Unorganische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Manchot), ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Emmert), 6; Vollpraktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Manchot), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs (mit v. Halban), 8; Kolloquium (mit Manchot, Pauly, Emmert, v. Halban und Langheld), 14tägig, $1\frac{1}{2}$ *g*. — **Manchot**: Analytische Chemie (Experimentalvorlesung zur Ergänzung des analytisch-chemischen Praktikums), 3. — **Pauly**: Zykloparaffingruppe, mit besonderer Berücksichtigung der natürlich vorkommenden Derivate: Terpene etc., 1. — **Schlotterbeck**: Technische Untersuchungsmethoden, 1. — **Emmert**: Stereochemie, 1; Übungen zur allgemeinen Chemie (mit v. Halban), 1 *g*. — **v. Halban**: Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse, 1. — **Langheld**: Benzolchemie mit Experimenten, 2. —

Rost: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Analytische Geometrie der Ebene, 4; Sphärische Astronomie II, 2; Politische Arithmetik, 2; Kombinatorik und Determinantentheorie, 2 *g*; Axonometrie und Perspektive, 2 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*; Astronomisches Praktikum, 4 *g*; Einführung in die höhere Mathematik für Studierende des Versicherungsfaches, 3 *g*. — **v. Weber**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 2 *g*; Einführung in die Vektoranalysis, 2; Technische Anwendungen der Mechanik (mit Hilb), $1\frac{1}{2}$ *g*. — **Hilb**: Algebraische Kurven, 4; Bestimmte Integrale, 4. —

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, $\frac{1}{2}$ Tag, für Vorgerücktere (mit Debye), tägl. — **Debye**: Thermodynamik mit besonderer Berücksichtigung ihrer statistischen Grundlagen, 4, Übungen, 1; Relativitätstheorie nebst Anwendungen, 2. — **Greinacher**: Radioaktivität (mit Experimenten), 1. — **Rusch**: Theorie der Wechselströme, 2; Theorie der elektrischen Schwingungen (gekoppelte Systeme), 1. — **de Quervain**: Ausgewählte Kapitel der Geophysik: Erdbebenkunde, Gletscherkunde, 1. —

Werner: Anorganische Experimentalchemie, 6; Organische Chemie II, 2; Chemisch-analytisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere: Präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten, tägl.; Chemisches Halbpraktikum für Studierende der Naturwissenschaften, halbtägig. — **Abeljanz**: Qualitative chemische Analyse, 2; Anleitung zu chemischen Arbeiten im Laboratorium, 1; Chemisches Kolloquium, 1; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, 3 Tage, für Studierende der Naturwissenschaften, 3 Tage, für Lehramtskandidaten, 6; Übungen im Untersuchen von Lebensmitteln, 4 oder 8. — **Pfeiffer**: Stereochemie, 2; Chemie der Eiweißkörper, 1; Chemische Statik und Dynamik, 2. — **Jantsch**: Seltene Elemente II, 1; Nitride, Karbide und analoge Verbindungen, 1. — **Reichinstein**: Elektrochemie mit Experimenten, 2. —

Zermelo: Differential- und Integralrechnung I, 4; Elemente der Differentialgleichungen, 2; Einführung in die Mengenlehre, 2; Mathematische Übungen für Vorgeschrittene, 2. — **Weiler**: Darstellende Geometrie mit Übungen I, 4; Analytische Geometrie mit Übungen I, 4; Mathematische Geographie, 2. — **Gubler**: Algebraische Analysis, 2; Sphärische Trigonometrie mit Anwendungen, 1; Mathematische Theorie der Pensionsversicherungen, 1. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Theorie der Finsternisse, 2. —

Technische Hochschule Zürich.

H. F. Weber: Physik: Wärmelehre, 4, Repetitorium, 1; Theoretische Elektrotechnik II, 4; Wechselstromsysteme und Wechselstrommotoren, 2; Theorie der absoluten magnetischen und elektrischen Messungen, 2; Wissenschaftliche Arbeiten in Physik, 8, 12, 24; Elektrotechnisches Laboratorium, 8; Arbeiten über Wechselstromsysteme und Wechselstrommotoren, 4. — **Weiß**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4 und 8; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12 und 24. — **Schweitzer**: Physik I, 3, Repetitorium, 1; Optik, 2; Wechselstromtechnik in graphischer Behandlung, 3. — **Cherbuliez**: Geschichte der Physik von Newton bis an das Ende des 18. Jahrhunderts III, 2; Geschichte der theoretischen Maschinenlehre, 1. — **Perrier**: Elemente der Physik des Äthers, 2. — **Wyßling**: Elektrische Zentralanlagen II, 2, Übungen und Konstruktionen, 3; Elektrische Anlagen I, 3. — **Tobler**: Elektrische Signalapparate für Eisenbahnen, 2; Schwachstromtechnik, 1. — **Farny**: Bau von Dynamomaschinen II, 2; Maschinenkonstruieren, 6; Demonstrationen in der elektrischen Abteilung des Maschinenlaboratoriums, 3; Wechselstrom-Kommutator-Motoren, 1; Elektrische Maschinen I, 3. — **Guggenheim**: Symbolische und graphische Berechnung elektrischer Leitungen, 2; Elektrotechnik, 2. — **Barbieri**: Photographie I, 2; Photographisches Praktikum, 2. — **Früh**: Meteorologie und Klimatologie: Physikalische Geographie, mit Repetitorium, 2. — **de Quervain**: Ausgewählte Kapitel der Geophysik: Erdbebenkunde, Gletscherkunde, 1. —

Treadwell: Analytische Chemie I, 2, Repetitorium, 1; Gasanalyse, mit Übungen, 1; Chemie, 2, Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 16 bezw. 10; Analytisch-chemisches Praktikum, 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Baur**: Physikalische Chemie II, 2, Repetitorium, 1; Allgemeine Elektrochemie, 2, Repetitorium, 1; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum für Anfänger, 8; Elektrochemisches Praktikum für Elektrochemiker, 4; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium für Vorgerücktere, tägl. — **Boßhard**: Anorganische chemische Technologie: Wasser, Salze, Säuren, 4, Repetitorium, 1; Chemische Technologie der Wärme und der Brennmaterialien, 2, Repetitorium, 1; Metallurgie, 2, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Cérésole**: Organische Technologie: Bleicherei, Färberei, Farbstoffe, 4, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Constam**: Thermochemie, 1; Brennstoffe, 1. — **Escher**: Mechanische Technologie II: Materialverarbeitung, 3, Repetitorium, 1; Mechanische Technologie IV: Spinnerei (Fortsetzung), Weberei, 2; Papierfabrikation, 2; Technologisches Praktikum, 4. — **Hartwich**: Pharmakognosie, 5; Lebensmittelanalyse, mit Übungen, 2; Technische Mikroskopierübungen I: Fasern und Stärke, 4; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Mikroskopische Untersuchung pharmazeutischer Drogen, 4; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere, tägl.; Gerichtlich-chemisches Praktikum, 16. — **Ott**: Theorie und Praxis der Leuchtgasindustrie, 1. — **Schmidlin**: Geschichte der Chemie, 1; Chemie der Alkaloide, 1. — **Schulze**: Agrikulturchemie I: Pflanzenernährungslehre, 2; Landwirtschaftlich-chemische Technologie: Zucker- und Spiritusfabrikation, 2; Übungen im agrikultur-chemischen Laboratorium, 8 und 16; Agrikultur-chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Willstätter**: Anorganische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organische Chemie II: Benzolderivate, 2, Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 16 bezw. 10 und 24; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Winterstein**: Anorganische Chemie, 4, Repetitorium, 1; Chemie der Milch und Milchprodukte, 1; Untersuchung landwirtschaftlich wichtiger Produkte, 1. —

Franel: Höhere Mathematik I, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1. — **Baeschlin**: Vermessungskunde II, 4, Repetitorium, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Vermessungskunde, 3, Übungen, 2, Repetitorium, 1; Erdmessung, 2; Geodätisches Praktikum, 2. — **Beyel**: Rechenschieber mit Übungen, 1; Darstellende Geometrie, 2; Projektivische Geometrie, 1; Perspektive und Axonometrie, 2. — **Burger**: Graphische Vervielfältigung, 2. — **Dumas**: Integralgleichungen, 1. — **Geiser**: Analytische Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 14tägig, 2; Elemente der Ballistik, 1. — **Großmann**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Geometrie der Lage, 4. — Mathematische Übungen, 2. — **Hirsch**: Höhere Mathematik I, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1. — **Hurwitz**: Zahlentheorie, 4; Mathematisches Seminar, 2. — **Keller**: Mathematik, 4; Zentralprojektion und zentrische Kollineation, 2. — **Kienast**: Die Sätze von Castigliano und Betti, 1 *g*; Attraktionstheorie, 2. — **Kollros**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Anwendungen der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 4; Geometrie der Lage, 3. — **Kraft**: Analytische Mechanik, 4; Vektoranalysis, 3; Geometrischer Kalkül III, 3. — **Meißner**: Mechanik II, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2. — **Rudio**: Höhere Mathematik, 5, Übungen, 2. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Theorie der Finsternisse, 2. —

Gesuche.

Für das physikalische Institut der **Technischen Hochschule** in **Darmstadt** wird zum Wintersemester ein junger Physiker als

Assistent

gesucht. Es wird derjenige Bewerber bevorzugt, der sich besonders mit Photographie beschäftigt hat; er hat Aussicht, den Lehrauftrag für Photographie an der Technischen Hochschule zu erhalten. Prof. Dr. **K. Schering, Darmstadt,** Hochschulstraße 2.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. Friedrich Krüger in Danzig-Langfuhr. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.